UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

TRABAJO FIN DE ESTUDIOS

Título

Análisis estructural y económico para parques solares fotovoltáicos

Autor/es

JAVIER SÁENZ DE ZAITIGUI VISA

Director/es

ESTEBAN FRAILE GARCÍA y FERNANDO ANTOÑANZAS TORRES ,

Facultad

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

Titulación

Grado en Ingeniería Mecánica

Departamento

INGENIERÍA MECÁNICA

Curso académico

2017-18

UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO DE FIN DE GRADO

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Mecánica

CURSO: 2017/2018 **CONVOCATORIA: JULIO**

TÍTULO:

Análisis estructural y económico para parques solares fotovoltaicos.

AUTOR: JAVIER SÁENZ DE ZÁITIGUI VISA

DIRECTOR/ES: ESTEBAN FRAILE GARCÍA
FERNANDO ANTOÑANZAS TORRES

DEPARTAMENTO: Ingeniería Mecánica

Resumen

Se quiere hacer una comparativa entre los dos tipos de estructuras más utilizadas en la industria fotovoltaica: estructura fija y seguidor a un eje.

Para ello se propone la instalación de un parque solar fotovoltaico en una parcela escogida en La Rioja.

Para la instalación de dicho parque, se estudiarán dos alternativas:

- Montaje de estructura fija mono-poste.
- Montaje de seguidor monofila con módulo de giro autoalimentado.

Se hace un análisis estructural y económico de cada una de las estructuras, de manera que se expone el coste total de la instalación de ambas opciones estudiadas.

A continuación, se realiza un estudio de la producción energética, de manera que se obtiene la producción anual para las dos alternativas.

Se realiza el mismo estudio estructural, económico y de producción considerando que la parcela escogida está ubicada en Sevilla. De esta manera se logra comparar los resultados obtenidos en ambas ubicaciones.

Por último, se lleva a cabo un análisis de la rentabilidad de ambas estructuras (retorno de la inversión, cálculo del TIR, el VAN y LCOE).

Después de analizar las ventajas y desventajas que presentan cada una de las estructuras, se determina qué tipo de estructura es la más apropiada dependiendo de la ubicación.

Se realiza también un Análisis del Ciclo de Vida en ambas alternativas.

Abstract

We want to make a comparison between the two types of structures most used in the photovoltaic industry: fixed structure and tracker.

For this, the installation of a solar photovoltaic park is proposed in a piece of ground in La Rioja.

For the installation of the photovoltaic park, two alternatives will be studied:

- Assembly of fixed structure mono-post.
- Assembly of tracker with slewing drive self-powered.

A structural and economic analysis of each of the structures is made, so that the total cost of the installation of both options studied is exposed.

Next, a study of the energy production is carried out, so that the annual production for the two alternatives is obtained.

The same structural, economic and production study is carried out considering that the chosen piece of ground is located in Sevilla. In this way it is possible to compare the results obtained in both locations.

Finally, an analysis of the profitability of both structures is carried out (return on investment, calculation of IRR, NPV and LCOE).

After analyzing the advantages and disadvantages presented by each of the structures, it is determined which type of structure is the most appropriate depending on the location.

A Life Cycle Analysis is also carried out in both alternatives.

UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ÍNDICE GENERAL

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

AUTOR:

JAVIER SÁENZ DE ZÁITIGUI VISA

INDICE GENERAL

UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

MEMORIA

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

AUTOR:

JAVIER SÁENZ DE ZÁITIGUI VISA

Índice Memoria

Índice Tablas

Índice Ilustraciones

1. Objeto

Este proyecto se realiza con la intención de valorar la viabilidad técnica y económica de un sistema fotovoltaico en dos situaciones de radiación opuestas dentro de España (La Rioja y Andalucía). Para ello se ha realizado un estudio estructural y de producción con el fin de determinar la tecnología más apropiada para la instalación. Se han comparado dos tipos diferentes de estructuras: estructura fija frente a seguimiento a un eje. Además, se llevará a cabo un análisis del ciclo de vida de ambas estructuras con el fin de determinar cuál de ellas conlleva un menor impacto potencial sobre el ambiente

Por último, **el proyecto tratará de demostrar la viabilidad tecno-económica de un sistema fotovoltaico de gran escala en España a lo largo de una vida útil de 25 años**.

2. Antecedentes

Una de las tareas más importantes para la figura del ingeniero ha sido buscar métodos para la generación de energía eléctrica de manera sostenible, económica y respetuosa con el medio ambiente.

La energía solar fotovoltaica cumple con estos requisitos, y por ello se ha convertido en los últimos años en una de las fuentes de generación de energía eléctrica esenciales para mitigar el cambio climático y mejorar la sostenibilidad energética y la reducción de la dependencia eléctrica exterior. En ese sentido, la energía solar fotovoltaica ha demostrado niveles de coste amortizado de la electricidad (LCOE) más competitivos que el resto de las tecnologías de generación en muchos países como EEUU, China, India, Chile y Arabia Saudí. De hecho, en el año 2017 se superaron los 400GW instalados de fotovoltaica a nivel global y la potencia instalada fotovoltaica sumó en ese año más que la suma del resto de tecnologías fósiles en ese año (REN21, 2018).

2.1. Situación de la Fotovoltaica en España

Desde comienzos del siglo XXI, numerosos países comenzaron a incentivar el uso de las energías renovables, particularmente la solar fotovoltaica, mediante el pago de primas por la electricidad producida.

En España, los años 2004 y 2007 fueron el escenario temporal de un ‘boom’ de instalaciones fotovoltaicas, ya que se apostó por esta tecnología, mediante los Reales Decretos 436/2004, de 12 de marzo, por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial, y 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial. Estos Reales Decretos incluían primas a los productores de energía fotovoltaica.

Sin embargo, hubo un crecimiento desproporcionado y totalmente imprevisto. Esto fue debido a que no se establecieron límites a la capacidad total instalada, y tuvo como consecuencia la modificación de la regulación, y un acentuado estancamiento en el año 2009 en el desarrollo de plantas fotovoltaicas.

Se generó entonces un estado de desconfianza en torno a la producción eléctrica mediante fuentes renovables de energía. En 2015, el gobierno decidió aprobar el decreto ley Real Decreto 900/2015 conocido popularmente como “Impuesto al Sol”. Este decreto, pese a obligar el pago de un impuesto por la generación mediante una fuente gratuita y no contaminante como es el

Sol, reglamenta también unos criterios lógicos en cuanto a la interconexión, los métodos constructivos y el pago por energía excedentaria.

Debido a ello y a algunas otras razones tecno-económicas, parece que este estancamiento se ha ido disipando. El pasado año en España se instalaron 135 MW de nueva potencia fotovoltaica, frente a los 55 MW instalados en el 2016 y a los 49 MW del 2015.

Otro de los principales motivos del crecimiento de la potencia fotovoltaica instalada es el aumento de competitividad de la tecnología, ya que el coste de generación de la solar fotovoltaica ha caído en los últimos años. La electricidad producida con solar fotovoltaica es la que más se ha abaratado de todas las tecnologías renovables.

En el sector ya se habla del renacer de la fotovoltaica en España y se vuelve a soñar con recuperar liderazgo mundial perdido.

2.2. Introducción a la energía solar fotovoltaica

2.2.1. La energía solar

El sol envía a la Tierra en un cuarto de hora más energía de la que la humanidad utiliza durante todo un año. Aunque no toda esta energía es aprovechable, el potencial utilizable es mil veces superior al consumo anual mundial de energía.

España, por su privilegiada situación y climatología, se ve particularmente favorecida respecto al resto de países europeos: sobre cada m² de su suelo horizontal inciden al año unos 1.500 kW/h de energía. Si bien, **con sistemas de seguimiento o inclinación óptima se puede elevar los valores de irradiación a niveles superiores a los 2000 kWh/m²año**.

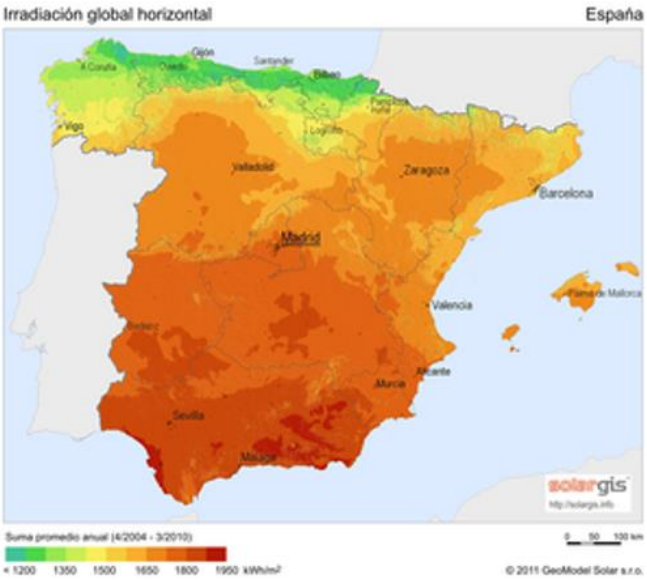


Ilustración 1 Mapa de radiación solar en España. Fuente: SolarGIS

Para poder efectuar el diseño de una instalación solar fotovoltaica se necesita saber la radiación del lugar. Los datos de recurso solar deben cumplir con niveles de calidad, que en la actualidad se engloban en el concepto de bancabilidad. **La bancabilidad establece niveles de certeza del recurso solar para distintos niveles de ocurrencia.** Lo habitual es considerar el percentil 90 (P90), que establece que para el 90% de los años, el acumulado de irradiación anual superará el valor bancado, para el que el banco ofrece su financiación. A fin de establecer una serie temporal

de recurso solar bancable se define el año meteorológico típico (TMY) como un año que cumple con el P90, construido de forma sintética a partir de al menos 10 años de mediciones o estimaciones de satélite horarias.

2.2.2. La energía solar fotovoltaica

Se entiende por energía solar fotovoltaica a la energía eléctrica debida a la transformación de la irradiación solar a partir de la utilización de las propiedades eléctricas de los materiales contenidos en las células solares.

La energía fotovoltaica emite unos niveles de polución mínimos durante su período de funcionamiento, evitando así la emisión de gases de efecto invernadero. Su principal desventaja consiste en que su producción depende de la radiación solar, por lo que si la célula no se encuentra alineada perpendicularmente al Sol se pierde entre un 10-25 % de la energía incidente.

2.2.3. Proceso de radiación en un día solar

Durante el día cambia la radiación recibida por la placa fotovoltaica, la temperatura de la célula y la inclinación del vector solar. Existen tres componentes de la radiación solar:

- **Radiación directa**: constituida por los haces de rayos que se reciben siguiendo el vector Sol-Tierra.
- **Radiación difusa**: procedente de todo el cielo excluyendo el disco solar y debido a los rayos no directos y dispersados por la atmósfera en la dirección del receptor.
- **Radiación de albedo**: procedente del suelo y debida a la reflexión de la radiación incidente en él.

Un seguidor solar, aprovecha al máximo la irradiación a lo largo del día manteniendo la inclinación del rayo solar óptima, pero aun así la irradiación y la temperatura de la célula varían.

La siguiente ilustración representa la energía producida durante el paso del día:

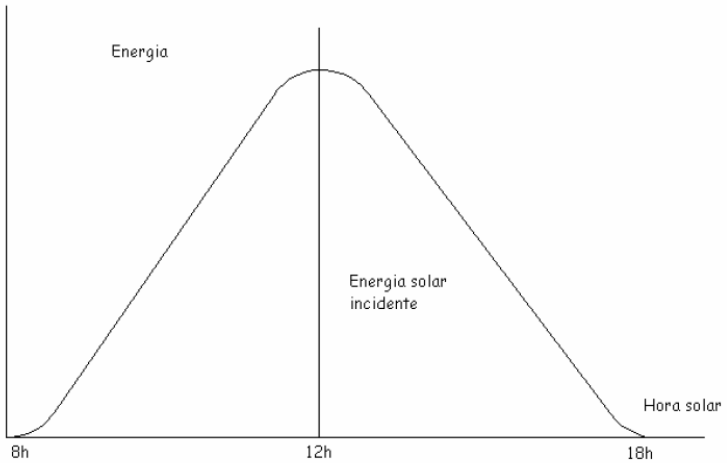


Ilustración 2 Energía producida durante el paso del día por radiación solar

2.2.4. Clasificación de las instalaciones solares fotovoltaicas

Dentro de las instalaciones solares fotovoltaicas podemos encontrar dos grandes campos de aplicación:

Aplicaciones autónomas: la instalación fotovoltaica no está conectada a la red eléctrica y tiene como objetivo satisfacer total o parcialmente los consumos eléctricos de un determinado edificio o punto de consumo. Dentro de estas aplicaciones podemos encontrar otras dos posibles configuraciones:

- Instalaciones aisladas con sistemas de baterías: almacena el excedente de energía producida en baterías para su posterior utilización en periodos de baja o nula radiación.
- Instalaciones interconectadas con la red: cuando el sistema fotovoltaico produce excedentes, éstos se vierten a la red para producir un beneficio económico. Cuando la energía requerida es inferior a la producida por el sistema fotovoltaico, éste consume la energía restante de la red.

Aplicaciones conectadas a red: en este caso la energía producida por la instalación fotovoltaica se vierte a la red remunerando dicha energía al precio correspondiente. Normalmente se vende al precio establecido en el mercado diario al precio de casación de las ofertas de venta y de compra. También se puede vender mediante contratos de compra de energía a un precio establecido, llamados comúnmente PPA (Power Purchase Agreement).

Estas instalaciones se diseñan a medida acorde a las necesidades de la zona. Se tienen en cuenta la tensión de distribución y frecuencia, así como la energía a suministrar o a consumir para mantener el equilibrio de la red eléctrica.

En este proyecto se estudiarán distintos tipos de estructuras para aplicaciones conectadas a la red.

3. Normas y referencias

3.1. Disposiciones legales y normas aplicadas.

Para la elaboración de este estudio, se ha tenido en cuenta toda la normativa y reglamentación aplicable a este tipo de sistemas de aprovechamiento de fuentes de energía de origen renovable.

3.1.1. Cálculo estructural

Cimentación: **EHE-08**

Acero conformado: **CTE DB SE-A**

Acciones en la edificación:

- **CTE-DB-SE-AE**
- **NBE-AE-88**

3.2. Programas de cálculo.

En la confección del proyecto se han utilizado diversos programas de cálculo, entre los que se destacan:

- Cálculo estructural: CYPE 3D 2018.
- Simulación CFD para túnel de viento: ANSYS/ED 9.0.
- Diseño de Lay Out y planos: AutoCAD 2017 y Civil 3D 2017.
- Cálculo de producción energética: PVsys V6.62 y PV Gis.
- Análisis de ciclo de vida: SimaPro 7.1 y generador de precios de CYPE 2018.
- Presupuesto y análisis de viabilidad: Generador de precios de CYPE 2018.
- Excel

3.3. Bibliografía

- ARTÍCULOS

  Pérez, L. (2018). *El sol brilla de nuevo en el sector fotovoltaico español*. [online] La Vanguardia. Disponible en:

  http://www.lavanguardia.com/natural/20180218/44818086046/energia-solar-fotovoltaica-espana.html [Visitada el 30 Jun. 2018].

  Articulo Técnico: Viabilidad de la instalación de Seguidores Solares de 1 Eje respecto instalaciones fijas, en aplicaciones de riego, bombeo solar y autoconsumo. - DEGERiberica. [online] Disponible en:

  http://degeriberica.com/articulo-tecnico-viabilidad-de-la-instalacion-de-seguidores-solares-de-1-eje-respecto-instalaciones-fijas-en-aplicaciones-de-riego-bombeo-solar-y-autoconsumo/ [Visitada el 30 Jun. 2018].

- PARCELA ESCOGIDA

  Sede Electrónica del Catastro. [online] Disponible en: https://www1.sedecatastro.gob.es/CYCBienInmueble/OVCConCiud.aspx?del=26&mun=900&UrbRus=R&RefC=26900A015000010000AT&Apenom=&esBice=&RCBice1=&RCBice2=&DenoBice=&from=OVCBusqueda&pest=coordenadas&latitud=553714.91&longitud=&gradoslat=&minlat=&seglat=&gradoslon=&minlon=&seglon=

&x=553714.91&y=4699051.65&huso=25830&tipoCoordenadas=3 [Visitada el 30 Jun. 2018].

- MÓDULO FOTOVOLTÁICO ESCOGIDO
  Trina Solar. (2018). *ES/TALLMAX M PLUS - DD14A(II)*. [online] Disponible en:

  http://www.trinasolar.com/es/product/tallmax/tallmaxmplus-dd14aii [Visitada el 30 Jun. 2018].

- INVERSOR ESCOGIDO
  UTILITY POWER SYSTEM. [online] Sma.de. Disponible en:

  https://www.sma.de/es/productos/soluciones-de-sistema-y-paquetes/utility-power-system.html [Visitada el 30 Jun. 2018].

- RODAMIENTO ESCOGIDO
  Igus.es. (2018). *Cojinetes de pedestal sin lubricación para perfiles cuadrados* [online] Disponible en:

  https://www.igus.es/wpck/18773/N17_06_01_Vierkantprofil_Stehlager?playlistid=107 [Visitada el 30 Jun. 2018].

- MÓDULO DE GIRO ESCOGIDO
  Motor monofásico 220V 0, 2. (2018). *motor eléctrico monofásico 220V brida B5 / B14 0,18 KW / 0,25 CV nuevo*. [online] Zuendo. Disponible en: https://www.zuendo.com/b514-brida-1500/820-motor-monofasico-220v-018-kw-arranque-medio-o-arranque-reforzado.html [Visitada el 30 Jun. 2018].

- VALORES EXTREMOS DE VIENTO
  Meteorologica, A. (2018). *Logroño Aeropuerto: Logroño Aeropuerto-Valores extremos absolutos - Selector - Agencia Estatal de Meteorologca - AEMET. Gobierno de España*. [online] Aemet.es. Disponible en:

  http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/efemerides_extremos*?w=0&k=rio&l=9170&datos=det&x=9170&m=13&v=VMX [Visitada el 30 Jun. 2018].

- DATOS PVGIS
  Re.jrc.ec.europa.eu. (2018). *JRC's Directorate C, Energy, Transport and Climate - PVGIS - European Commission*. [online] Disponible en: http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/ [Visitada el 30 Jun. 2018].

- PÉRDIDAS FOTOVOLTÁICAS
  Yubasolar.net. (2018). *FACTORES DE PÉRDIDAS ENERGÉTICAS FOTOVOLTAICAS*. [online] Disponible en: http://www.yubasolar.net/2015/03/factores-de-perdidas-energeticas.html [Visitada el 30 Jun. 2018].

- DISTANCIA MÍNIMA ENTRE FILAS DE MÓDULOS
  Idae.es. (2018). *Solar Fotovoltaica*. [online] Disponible en:

  http://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-electrico/solar-fotovoltaica [Visitada el 30 Jun. 2018].

- VALORES IPC

www.efe.com. (2018). *La caída de los precios energéticos frena la subida del IPC al 2,3 % en marzo*. [online] Disponible en: http://www.efe.com/efe/espana/economia/la-caida-de-los-precios-energeticos-frena-subida-del-ipc-al-2-3-enmarzo/10003-3223214 [Visitada el 30 Jun. 2018].

Ine.es. (2018). *Productos y Servicios / El IPC en un clic* [online] Disponible en: http://www.ine.es/varipc/verVariaciones.do?idmesini=5&anyoini=2017&idmesfin=5&anyofin=2018&ntipo=1&enviar=Calcular [Visitada el 30 Jun. 2018].

4. Localización y superficie

4.1. La Rioja

El proyecto está localizado en el Polígono 15 Parcela 1 de la RAD. Logroño (La Rioja). Con las siguientes coordenadas:

- Latitud: 42º 26' 29.00'' Norte
- Longitud: 2º 20' 49.20'' Oeste
- Elevación: 472 metros sobre el nivel del mar

Ilustración 3 Ubicación de la parcela escogida: Polígono 15; Parcela 1 RAD. LOGROÑO. Fuente: Google Earth

Se decide instalar el parque solar en esta parcela ya que el propietario está interesado en la implantación de fotovoltaica. Otra ventaja añadida es que se encuentra cerca de un punto de interconexión a la red principal de un importante polígono de la ciudad.

Además, la ubicación de esta parcela permite minimizar las pérdidas del transporte al tener un núcleo de consumo cercano (Logroño) y cuya demanda se adapta muy bien a la curva de producción fotovoltaica.

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE HACIENDA Y FUNCIÓN PÚBLICA | SECRETARÍA DE ESTADO DE HACIENDA | DIRECCIÓN GENERAL DEL CATASTRO

CONSULTA DESCRIPTIVA Y GRÁFICA DE DATOS CATASTRALES DE BIEN INMUEBLE

REFERENCIA CATASTRAL DEL INMUEBLE

26900A015000010000AT

DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE

LOCALIZACIÓN

Polígono 15 Parcela 1

RAD. LOGROÑO [LA RIOJA]

USO PRINCIPAL	AÑO CONSTRUCCIÓN
Agrario	--

COEFICIENTE DE PARTICIPACIÓN	SUPERFICIE CONSTRUIDA [m²]
100,000000	--

PARCELA CATASTRAL

SITUACIÓN

Polígono 15 Parcela 1

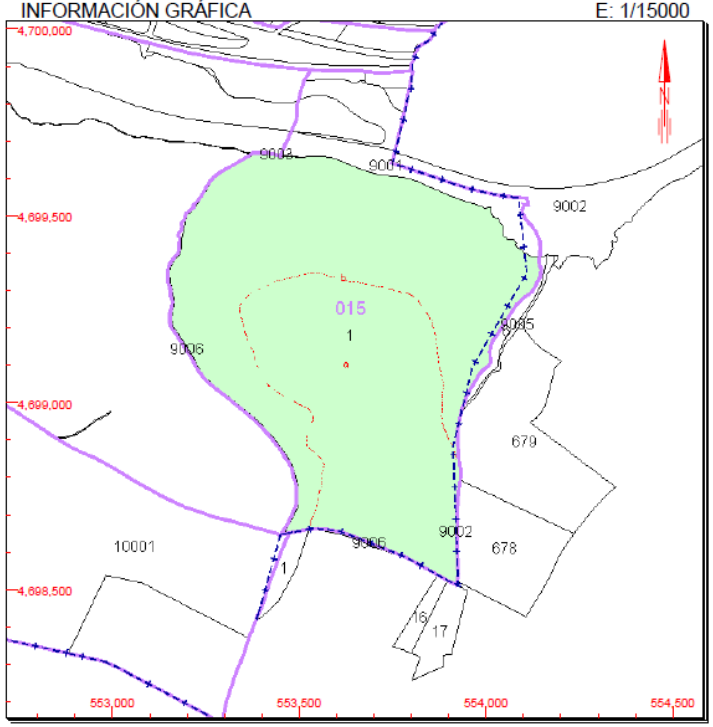
RAD. LOGROÑO [LA RIOJA]

SUPERFICIE CONSTRUIDA [m²]	SUPERFICIE GRÁFICA PARCELA [m²]	TIPO DE FINCA
0	706.533	--

CULTIVO

Subparcela	CC	Cultivo	IP	Superficie m²
a	CR	Labor o labradío regadío	10	304.019
b	E-	Pastos	00	402.514

INFORMACIÓN GRÁFICA E: 1/15000



Este documento no es una certificación catastral, pero sus datos pueden ser verificados a través del 'Acceso a datos catastrales no protegidos' de la SEC.

554,500 Coordenadas U.T.M. Huso 30 ETRS89
Límite de Manzana
Límite de Parcela
Límite de Construcciones
Mobiliario y aceras
Límite zona verde
Hidrografía

Domingo , 18 de Febrero de 2018

4.2. Andalucía

Con el fin de realizar un estudio comparativo en dos posiciones de radiación opuestas dentro de España, se decide suponer la instalación del parque solar fotovoltaico en la ciudad de Sevilla.

Con el propósito de igualar las condiciones para realizar el estudio y que el número total de módulos fotovoltaicos sea el mismo, se decide suponer una parcela idéntica a la que se ha escogido en La Rioja en una ubicación cercana a la ciudad de Sevilla.

Se decide suponer la ubicación de la estación meteorológica existente en Sevilla. Se esta manera se consiguen los datos de temperatura y radiación solar de una manera muy exacta.

- Latitud: 37°25'12.00"N
- Longitud: 5°58'36.58"O
- Elevación: 23 m

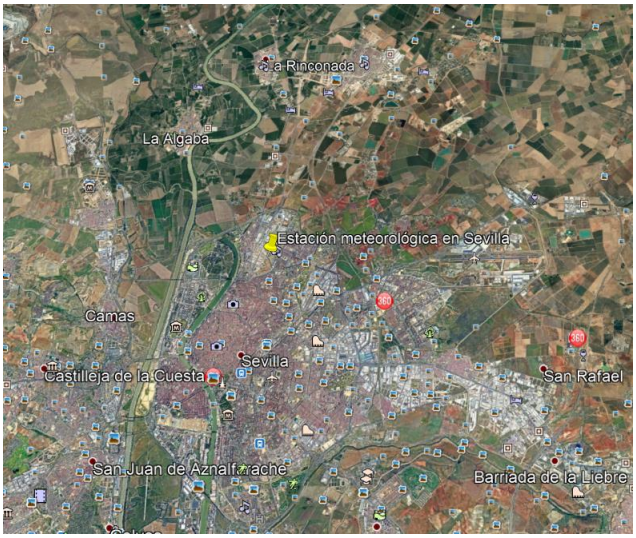


Ilustración 4 Ubicación escogida para la instalación del parque solar en Sevilla. Fuente: Google Earth

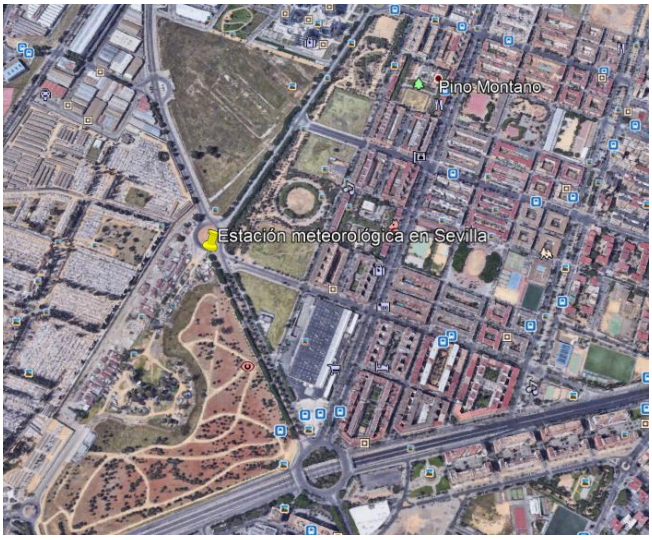


Ilustración 5 Ubicación de la estación meteorológica en Sevilla. Fuente: Google Earth

5. Descripción de los equipos que componen la instalación

En este apartado se pretende describir y justificar los equipos utilizados en la implantación del parque solar fotovoltaico con el fin de hallar un precio estimado de los mismos, algo necesario para poder estimar un presupuesto de la instalación y así poder hacer el análisis de viabilidad económica de ambas alternativas y poder hallar el coste amortizado de la electricidad (LCOE).

En este apartado no se tendrán en cuenta las instalaciones de iluminación ni de vigilancia, ya que éstas suelen ser decisión del cliente. Además, para la comparación de la viabilidad económica de ambas alternativas, no será relevante puesto que, de considerarse, estas instalaciones serían similares en ambos casos.

En la siguiente tabla se muestran los principales equipos elegidos para el parque solar fotovoltaico.

Módulo fotovoltaico	
Fabricante	Trina Solar
Modelo del panel	TSM-350DD14A(II)
Tecnología	Silicio mono-cristalino
Potencia pico del módulo	350W
Número de módulos	32.640
Dimensiones del módulo	0,196x0,992x0,040m
Inversor / Estación de transformación	
Fabricante	SMA
Modelo del inversor	SC 1850-US
Potencia del inversor*	1.850 kW
Número de inversores	10
Frecuencia de diseño	50 Hz
Tensión máxima admisible	1.700V
Tensión de PMP	850V a 1.425V
Tensión de salida del inversor	660V
Tensión de salida de la MT	22kV
Estructura tipo fija	
Material	Acero galvanizado
Cimentación	Zapatas
Ángulo	30° S-N
Número de estructuras	1.088
Número de hincas por mesa	5
Número de módulos por mesa	30
Estructura tipo seguidor	
Material	Acero galvanizado
Cimentación	Zapatas
Ángulo de rotación	-60° E + 60° O
Número de estructuras	544
Número de hincas por mesa	11
Número de módulos por mesa	60

Tabla 1 Datos de los principales equipos de la instalación

Mientras que la tabla anterior nos sirve de resumen de los equipos principales, en los siguientes subapartados detallaremos con más profundidad los equipos mencionados

5.1. Módulos fotovoltaicos

A nivel comercial, los módulos que más se utilizan son los de silicio monocristalino y policristalino. De los dos, el monocristalino es más eficiente (del orden de un 5-10 % más para la misma superficie de captación) y con una duración mayor en sus características eléctricas mientras que el policristalino suele ser más barato que el monocristalino para la misma potencia pico (del orden del 5-10 % menos).

A título orientativo, si se utilizan sistemas de seguimiento de la posición del sol, o sistemas de baja concentración de la radiación, se recomiendan módulos monocristalinos frente a los policristalinos ya que por la mayor eficiencia de los módulos monocristalinos por unidad de superficie aumenta la captación de energía para un sistema de seguimiento.

5.1.1. Elección del módulo

El módulo solar seleccionado es el siguiente: Trina Solar TSM-350DD14A(II) (350W) Solar Panel.

Se ha elegido este módulo por las excelentes prestaciones de eficiencia y durabilidad y por haber ofrecido el mejor precio por Wp para este proyecto.

Ilustración 6 Módulo fotovoltaico escogido

Las principales características de dicho panel se enumeran a continuación.

- Tipo: 72 células, módulo monocristalino
- Potencia: 350 W
- Longitud: 1960 mm
- Anchura: 992 mm
- Altura: 40 mm
- Peso: 26 kg

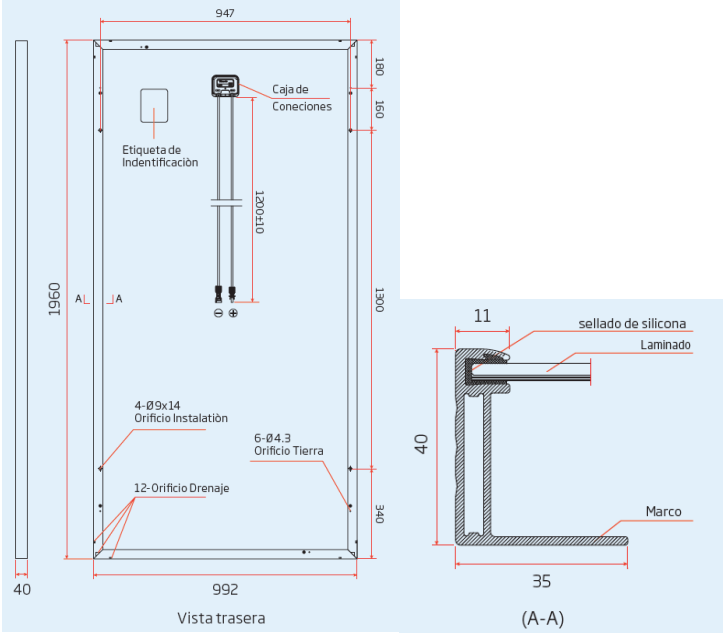


Ilustración 7 Dimensiones principales del módulo seleccionado: Fuente: Trina Solar TSM-350DD14A(II) de 350W

DATOS ELÉCTRICOS EN CONDICIONES STC	TSM- 350
Potencia nominal-Pmáx (Wp)*	350
Tolerancia de potencia nominal (W)	0/+5
Tensión en el punto Pmáx-V_{MP}(V)	38,7
Corriente en el punto Pmáx-I_{MPP} (A)	9,04
Tensión en circuito abierto-V_{OC} (V)	47,0
Corriente de cortocircuito-I_{SC} (A)	9,60
Eficiencia del módulo ηm (%)	18,0

*Tolerancia en la medida: ±3%

STC: Irradiancia 1000W/m², temperatura de célula 25ºC, masa de aire AM1.5

Tabla 2 Datos eléctricos del módulo seleccionado en condiciones STC. Fuente: TrinaSolar

DATOS ELÉCTRICOS EN CONDICIONES TONC	TSM- 350
Potencia máx.-P_{MAX}(Wp)	261
Tensión en el punto Pmáx-V_{MPP}(V)	35,9
Corriente en el punto Pmáx-I_{MPP} (A)	7,26
Tensión en circuito abierto-V_{OC} (V)	43,7
Corriente de cortocircuito-I_{SC} (A)	7,75

TONC: Irradiancia a 800 W/m2, Temperatura ambiente 20 °C, Velocidad del viento 1 m/s.

Tabla 3 Datos eléctricos del módulo seleccionado en condiciones TONC. Fuente: TrinaSolar

DATOS MECÁNICOS	
Células solares	Monocristalinas 156,75 × 156,75 mm
Distribución de las células	72 células (6 x 12)
Dimensiones del módulo	1960 × 992 × 40 mm
Peso	26,0 kg con cristal de 4,0 mm

Vidrio	Cristal de 4,0 mm para nuestro modelo Monocristalino PERC
Capa trasera	Blanca
Marco	Aluminio anodizado
Caja de conexiones	IP 67 o IP 68
Cables	Resistente a los rayos UV, sección de cables 4,0 mm_2, 1200 mm
Conector	Países de la UE: 28 MC4 / UTX / TS4, Países no miembros de la UE: 28 QC4 / TS4

Tabla 4 Datos mecánicos del módulo seleccionado. Fuente: TrinaSolar

La ficha de datos completa y el manual de instalación del panel se puede ver en el Anexo 3: Catálogos.

5.2. Inversores

El número de inversores y el modelo de estos, será el mismo para ambas alternativas ya que el número total de módulos fotovoltaicos es el mismo para estructura fija y para seguidor, y, por tanto, la potencia pico de ambas alternativas (a partir de la cual se dimensionan el resto de los elementos) es la misma en ambas alternativas.

El inversor es el elemento encargado de transformar la corriente continua en corriente alterna mediante millones de pequeños interruptores que componen los transistores IGBT o MOSFET.

El inversor elegido para este proyecto es el modelo Sunny Central 1850-US de SMA. Este inversor es capaz de generar hasta 1.852MW de potencia activa con cosphi=1 si se encuentra a 25ºC. Se trata de un inversor para exteriores (IP54) con hasta 24 entradas en DC.

Ilustración 8 Inversor elegido para este proyecto: Modelo Sunny Central 1850-US de SMA

5.2.1. Centro de Transformación

En grandes proyectos conectados a red, como este, los inversores suelen agruparse en grandes centros de transformación para reducir las pérdidas de transporte. Esto se consigue elevando la tensión de salida del inversor mediante un transformador y las protecciones de media tensión adecuadas a la estación. En este caso, se elevará la tensión del transformador hasta 22kV para formar un anillo con todo el inversor del parque hasta el punto de entrega en la subestación.

Esta configuración se representa en el siguiente diagrama.

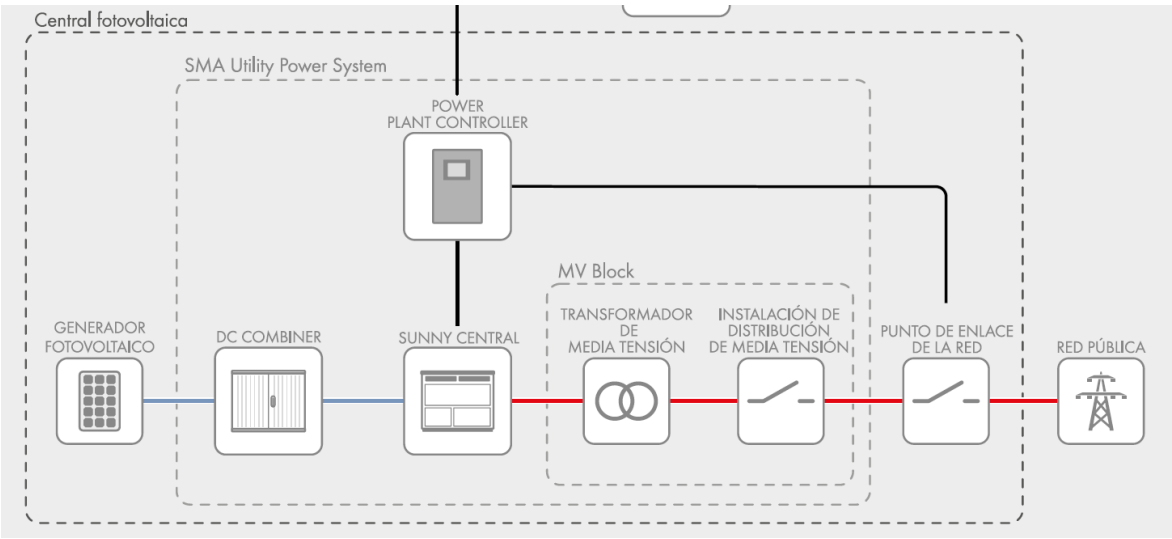


Ilustración 9 Diagrama de la configuración de la instalación. Fuente: SMA

Esta configuración suele solicitarse directamente al fabricante. El cual se encarga de integrar el inversor con el transformador y las protecciones adecuadas. Dicha solución viene en un contenedor de 40 pies para estandarizar su transporte. Esta solución requerirá de una losa de hormigón en su cimentación.

Ilustración 10 Centro de transformación. Fuente: SMA

5.2.2. Justificación del número de inversores y el modelo elegido

En el diseño de los sistemas fotovoltaicos, es esencial asegurar que la salida de voltaje de cada cadena en serie esté dentro del rango aceptable para el sistema. Si el voltaje es demasiado bajo, el inversor no arrancará y no va a producir energía. Sin embargo, si la tensión es demasiado alta, el inversor puede resultar dañado, lo que puede iniciar un incendio u otros peligros.

Por ello, los módulos se conectarán en serie en las denominadas series o strings, de manera que el voltaje que le llegue al inversor sea el apropiado. Se determina mediante el cálculo de optimización del diseño que el número de módulos por serie o string sea 30.

Para el caso de la estructura fija, el número de módulos por serie coincide con el número de módulos por mesa, y para el caso del seguidor a un eje, representa la mitad de sus módulos por mesa.

De esta forma, el número final de series será:

$$Número\ de\ series = \frac{Número\ total\ de\ paneles}{Módulos\ por\ serie} = \frac{32640}{30} = 1.088\ series$$

Se decide repartir la potencia en 10 inversores de 1.852MW.

Por tanto, nos planteamos en la siguiente situación. Necesitamos repartir las 1088 series entre 10 inversores:

$$Series\ por\ inversor = \frac{Número\ de\ series}{Número\ de\ inversores} = \frac{1088}{10} = 108{,}8\ series\ por\ inversor$$

Se concluye, que habrá 2 inversores de 108 strings y 8 inversores de 109 strings.

En la siguiente tabla se resume la configuración de la planta, algo necesario para poder estimar un presupuesto de la parte eléctrica.

Configuración de inversor tipo 1		
Potencia nominal del inversor	1.850	kW
Potencia pico del inversor	1.134	kW
Potencia pico del módulo	350	kW
Número de módulos por serie	30	
Número de módulos por inversor	3.240	
Número de series por inversor	108	
Configuración de inversor tipo 2		
Potencia nominal del inversor	1.850	kW
Potencia pico del inversor	1.144,5	kW
Potencia pico del módulo	350	kW
Número de módulos por serie	30	
Número de módulos por inversor	3.270	
Número de series por inversor	109	
Configuración de la planta		
Número de inversores tipo 1	2	
Número de inversores tipo 2	8	
Número total de módulos	32.640	

Número total de series	1.088	
Potencia nominal en inversores	18.500	kW
Potencia nominal de la planta	10.500	kW
Potencia pico de la planta	11.424	kW

Tabla 5 Tabla resumen de la configuración del parque solar fotovoltaico

5.3. Estructura

La estructura de los paneles es uno de los elementos más importantes de la planta fotovoltaica, pues será la base de apoyo del generador fotovoltaico.

En este estudio es la parte a la que más importancia se le da, ya que el objetivo del proyecto es realizar un análisis comparativo de la producción y la rentabilidad de los dos tipos de estructuras más utilizadas en la industria fotovoltaica (estructura fija y seguidor solar a un eje).

Las principales características de la estructura fija por la que se ha optado para este proyecto son las siguientes:

- Disposición de los paneles en cada estructura: 2V x 15 (2 filas de paneles en vertical por 15 columnas)
- Módulos por estructura: 30
- Ángulo de la estructura: 30°

Tabla 6 Estructura fija

El caso del seguidor es algo más complejo ya que tiene más variables a estudiar. Sus principales características son las siguientes:

- Dispone de un motor autoalimentado cada 60 módulos.
- Provee seguimiento a un eje desde -60° hasta +60° de Este a Oeste en el eje N-S.
- Sistema backtracking para no sombrearse a sí mismo.
- Módulos por estructura: 60
- Ángulo de defensa: 0°
- Posición de defensa automática ante vientos por encima de 17 m/s.

Tabla 7 Seguidor a un eje. Fuente: NCLAVE GROUP

Ambos diseños serán de acero galvanizado en caliente. El galvanizado del acero consiste en un proceso de protección frente a la corrosión mediante la adición de una capa de zinc. Los recubrimientos de zinc proporcionan al acero una protección muy eficaz. La duración de la protección que proporciona el zinc es directamente proporcional a la masa de zinc (o al espesor) de dicho recubrimiento. Este método retarda el fenómeno de la corrosión en el acero.

En el apartado 8 de cálculo estructural se describen de manera detallada los componentes de ambos tipos de estructuras y se determina la metodología de cálculo utilizada.

5.4. Cableado

Al igual que en el caso de los inversores, el tipo de cables va a ser el mismo para las dos alternativas estudiadas.

Se van a distinguir dos tipos de cableado: el cableado de baja tensión y el de media tensión.

5.4.1. Cableado de Baja Tensión

El circuito de evacuación en BT es el comprendido entre el generador fotovoltaico y el cuadro de BT del transformador. Pueden diferenciarse dos circuitos: el de corriente continua y el de corriente alterna.

Los módulos fotovoltaicos producen energía eléctrica en forma de corriente continua. Una vez llegamos a los inversores, la transformamos en corriente alterna. Posteriormente, iremos al centro elevador de tensión. Todo este circuito será en baja tensión.

Los principales cables que se usarán para este circuito se pueden ver en las siguientes ilustraciones:

Ilustración 11 Cable solar. Cable unificación inversores.

5.4.2. Cableado de Media Tensión

La instalación cuenta con un recorrido en media tensión para la evacuación generada por la implantación solar. El cable empleado para este propósito es de aluminio debido a su menor

coste respecto al cobre. Se necesitan secciones mayores ya que es peor conductor, pero en las instalaciones solares suele tenerse espacio de sobra para el uso de aluminio.

El cable empleado en esta parte de la instalación se puede observar en la siguiente imagen:

Ilustración 12 Cable de media tensión. 2KV, 1x240mm2

5.5. Protecciones

Además de las protecciones integradas en el inversor, es necesario equipar la instalación con protecciones adicionales que protejan, tanto la seguridad de la instalación y equipos, como la seguridad de las personas responsables de su funcionamiento y mantenimiento.

Se describirán las protecciones necesarias para la instalación de manera que nos permita sacar un presupuesto estimado de las protecciones utilizadas en ambas estructuras.

La implantación de protecciones se debe llevar a cabo atendiendo a la reglamentación vigente para este tipo de instalaciones, artículo 11 del Real Decreto 1663/2000 y al Reglamento Electrotécnico de Baja tensión:

- Interruptor general manual, que será un interruptor magnetotérmico con intensidad de cortocircuito superior a la indicada por la empresa distribuidora en el punto de conexión.
- Interruptor automático diferencial, para proteger a las personas en el caso de derivación de algún elemento de la parte de continua de la instalación.
- Interruptor automático de la interconexión, para la desconexión-conexión automática de la instalación fotovoltaica en caso de pérdida de tensión o frecuencia de la red, junto a un relé de enclavamiento.
- Protección para la interconexión de máxima y mínima frecuencia y de máxima y mínima tensión.

Al tener tanto potencia continua como potencia alterna, además de equipar la instalación con las protecciones anteriores, serán necesarios dos grupos diferenciados de protecciones:

- Protecciones de continua: este tipo de protecciones se instalarán en la fase de potencia continua de la instalación fotovoltaica, es decir, desde los paneles solares hasta la entrada del inversor.
- Protecciones de alterna: estas protecciones se instalarán en la parte de la instalación donde existe potencia alterna, es decir, desde el inversor hasta el punto de conexión de la red de suministro.

5.6. Equipos de medida

La instalación fotovoltaica contará con un contador bidireccional de energía encargado de medir la energía producida por el parque fotovoltaico y de medir los consumos que pudieran producirse por parte de la instalación fotovoltaica.

5.7. Módulos de giro

Será necesario un motor monofásico de corriente alterna por cada seguidor instalado. Éste será el encargado transmitir el movimiento de rotación al tubo de torque. Lógicamente, este elemento sólo se instalará en el caso de los seguidores, y, por tanto, se debe tener en cuenta a la hora de realizar el estudio de viabilidad económica, ya que encarecerá dicha alternativa.

El motor elegido ha sido un motor monofásico 220v 0,18 kw de arranque medio o reforzado. Se ha elegido este modelo debido a su alta fiabilidad y a sus principales características: Capacidad de regular la velocidad, el sentido de giro o el tiempo de arranque.

Ilustración 13 Motor monofásico elegido para seguidores

5.8. Vallado

Se vallará todo el perímetro de la instalación con el fin de evitar el acceso libre al parque fotovoltaico. Los metros de valla a utilizar, en ambas alternativas serán 2446,6 m.

El modelo que se decide utilizar es el siguiente: FC.MP.10.0425.0202, cuyas dimensiones son: 2.500 x 2.025 x 4 mm con 4 pliegues. La altura de la valla será de 2 m.

Ilustración 14 Vallado del parque solar

5.9. Puesta a tierra

El propósito de la instalación de puesta a tierra es limitar la tensión que puedan presentar con respecto a tierra tanto las masas metálicas fijas como las móviles, posibilitar la detección de defectos a tierra y asegurar la actuación de las protecciones eliminando el riesgo que supone una avería en el material eléctrico utilizado. Esta instalación dispondrá de una red de tierras, a la que se unirán las masas metálicas de la instalación no sometidas a tensión eléctrica.

6. Túnel de viento

Una práctica habitual en el diseño de estructuras para parques fotovoltaicos, con el fin de optimizar el uso de acero, es el de ajustar los coeficientes de presión de viento a la realidad de un parque de estas características, que dista mucho de una vivienda o construcción para albergar vidas humanas. En un parque fotovoltaico no debe haber personas cuando las condiciones de viento superan umbrales de viento muy por debajo del viento de diseño y, por ello, los diseñadores de parques tratan de ajustar lo máximo posible las cargas de viento.

Además, como las normas nacionales no son capaces de proporcionar información relativa a cómo mitigan el viento las mesas exteriores con respecto a las interiores, es necesario recurrir a estudios complementarios. Por esta razón, y para evitar sobredimensionar todo el parque como si recibiese la misma intensidad de viento, algo que sería erróneo, la industria considera estudios de túnel de viento mediante maquetas a escala, y también, para el mismo propósito, los estudios de computer fluid dynamics (CFD).

En este proyecto se opta por la segunda opción y se realiza un estudio CFD simulando un túnel de viento con el programa ANSYS/ED 9.0. En este caso, se utiliza el módulo FLOTRAN CFD para realizar un análisis de dinámica de fluidos.

El objetivo de dicho estudio es analizar el flujo de aire al paso por la planta de módulos fotovoltaica. Se quiere hallar el porcentaje de presión de viento que se llevan los módulos fotovoltaicos ubicados en las segundas filas respecto al que se lleva la primera fila de módulos. Es decir, que porcentaje de viento quita la primera fila de módulos fotovoltaicos a las demás.

De esta manera se consigue una gran optimización del cálculo estructural (parte fundamental de la ingeniería industrial) y con ello, un gran ahorro del material utilizado.

6.1. Planteamiento del estudio CFD

6.1.1. Estructura Fija

Se simulará el flujo del paso del aire por un conducto bidimensional.

La geometría del conducto, como se puede ver en la figura, será la siguiente: 15 metros de alto y 40 metros de largo.

Los módulos fotovoltaicos están separados del suelo medio metro, y cada fila de estos, está separada 4.5 metros entre sí.

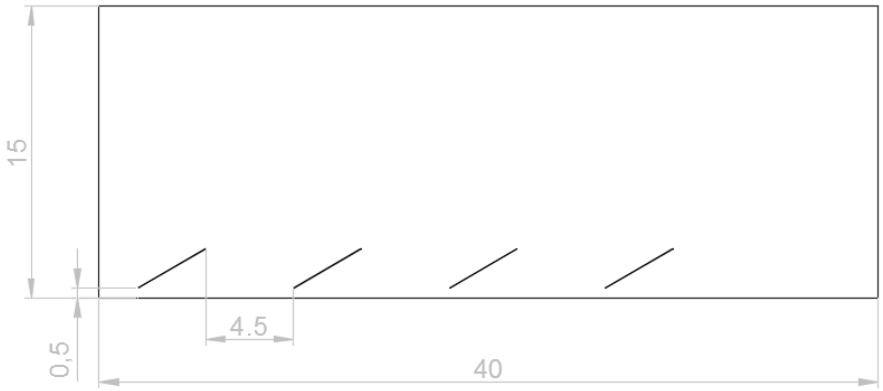


Ilustración 15 Diseño y dimensiones del túnel de viento utilizado para la estructura fija

La velocidad a la que se ha decidido estudiar el problema es de 28 m/s, que es la velocidad de viento más desfavorable registrada en las áreas a instalar según el Código Técnico de la Edificación.

A su vez, el ángulo de los módulos fotovoltaicos será de 30°.

Se estudiará el viento a presión y a succión y se escogerán los coeficientes más desfavorables.

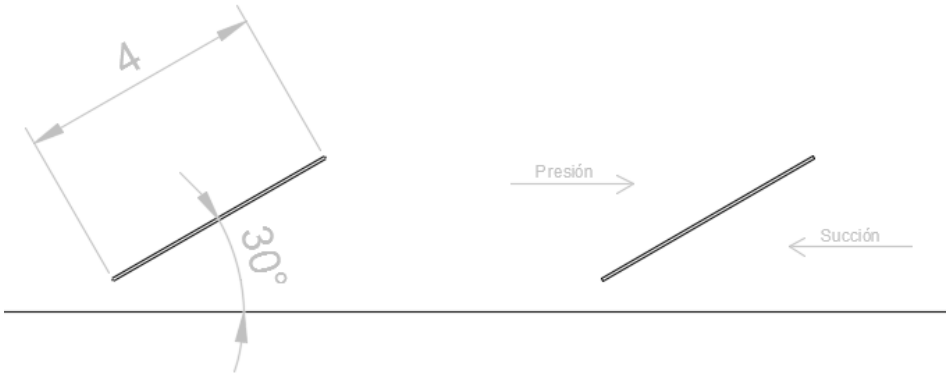


Ilustración 16 Posición de los módulos solares en el túnel de viento para estructura fija

6.1.2. Seguidor

Se simulará el flujo del paso del aire por un conducto bidimensional.

La geometría del conducto será la siguiente: 15 metros de alto y 20 de largo.

Los módulos fotovoltaicos están separados del suelo medio metro, y cada fila de estos, está separada 5 metros entre sí.

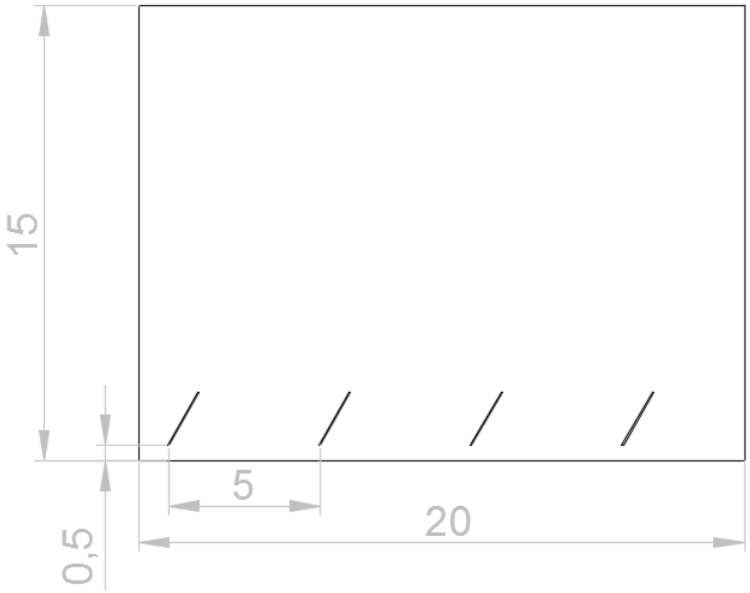


Ilustración 17 Diseño y dimensiones del túnel de viento utilizado para el seguidor

La velocidad a la que se ha decidido estudiar el problema es de 60 km/h (17 m/s), velocidad que considera generalmente la industria fotovoltaica como umbral de diseño. A partir de esta o de velocidades superiores, y a fin de optimizar la estructura, el tracker se mueve a una posición de defensa (aerodinámicamente óptima), es decir a una posición horizontal.

A su vez, el ángulo máximo de los módulos en este proyecto se considera 60°, un ángulo típico máximo para trackers en la industria. Por ello, es con este ángulo máximo con el que se alcanza la mayor obstrucción de viento.

Se estudiará el viento a presión y a succión y se escogerán los coeficientes más desfavorables.

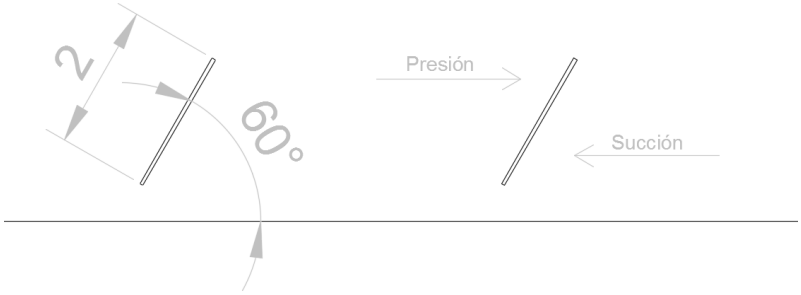


Ilustración 18 Posición de los módulos solares en el túnel de viento para estructura fija

6.2. Descripción del desarrollo del estudio

Se siguen los siguientes pasos:

1. Se crea un área rectangular de salida y de entrada del flujo.
2. Se crean unos agujeros en dicho rectángulo que simulan los módulos fotovoltaicos.
3. Se establece un tamaño de mallado de 1 en la variable SIZE.
4. Se procede al mallado libre automático, se refina el tamaño de la malla en las zonas donde se esperan mayores gradientes de velocidad: Alrededor de las paredes de los módulos fotovoltaicos solares.
5. Se define la velocidad horizontal de entrada (17 m/s para el caso del seguidor en posición de defensa y 28 m/s para el caso de la estructura fija), la velocidad nula en el contorno y en los módulos fotovoltaicos, y la presión nula a la salida.
6. Se definen las propiedades del aire y sus valores de referencia de presión y temperatura.
7. Se calcula si el flujo es laminar o turbulento para los ambos casos mediante el número de Reynolds.

$$\mathrm{Re} = \frac{\rho * v * D}{\mu} = \frac{1.25 * 17 * 20}{10^{-3}} = 425.000$$

$$\mathrm{Re} = \frac{\rho * v * D}{\mu} = \frac{1.25 * 28 * 5}{10^{-3}} = 700.000$$

, donde:

- ρ es la densidad del aire expresada en kg/m^3,
- v la velocidad de diseño expresada en m/s y
- D el diámetro del túnel de viento propuesto expresado en metros.

Ambos valores (para el caso del seguidor y para el caso de la estructura fija respectivamente), indican, como era de esperar, que se trata de régimen turbulento.

8. Se establecen 500 iteraciones globales para la resolución del problema, ya que con este valor fue suficiente para alcanzar la convergencia del problema. Además de ser un buen compromiso entre tiempo de cálculo y resultados.

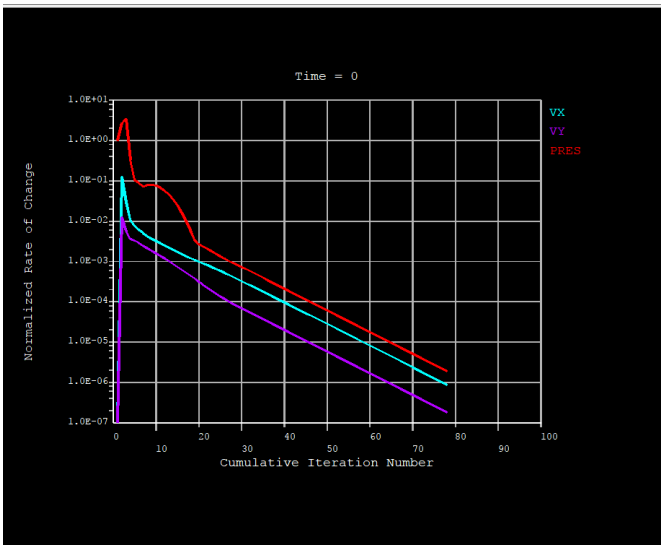


Ilustración 19 Convergencia de la solución del túnel de viento

6.3. Resultados Estructura Fija

6.3.1. Estudio de viento a presión

- Distribución de presiones

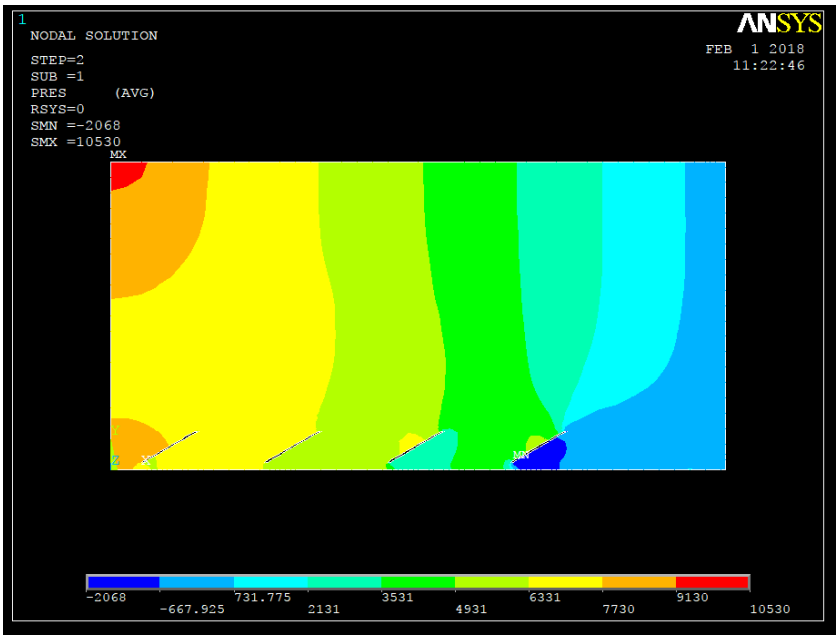


Ilustración 20 Distribución de presiones para estructura fija (viento a presión)

Se aprecia que las presiones son más altas en la sección de entrada y al impactar con la primera fila de módulos fotovoltaicos.

- Distribución de velocidades horizontales

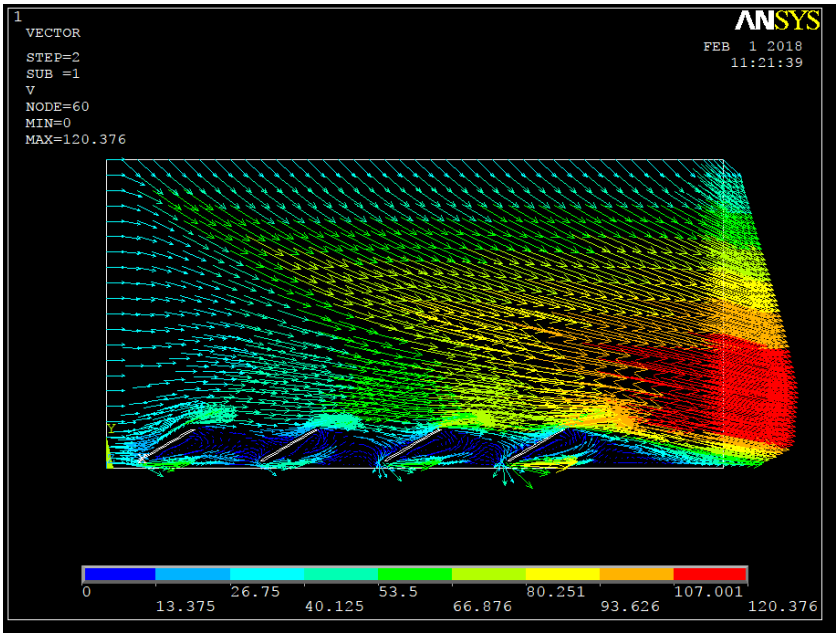


Ilustración 21 Distribución de velocidades para estructura fija (viento a presión)

Se observa que la velocidad que llega a las segundas filas es menor que la recibida por la primera fila debido a que la primera fila de placas frena la velocidad del viento.

6.3.2. Estudio de viento a succión

- Distribución de presiones

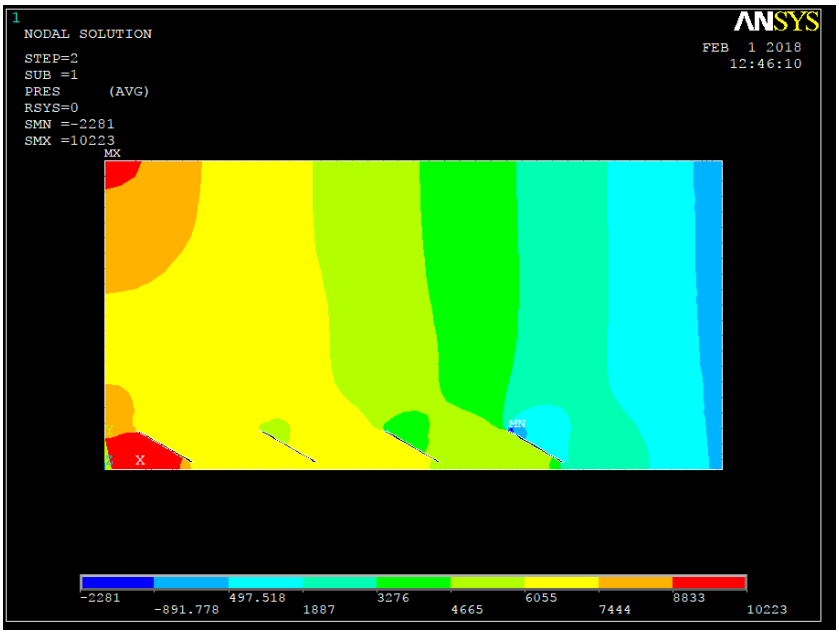


Ilustración 22 Distribución de presiones para estructura fija (viento a succión)

Se aprecia que las presiones son más altas en la sección de entrada y al impactar con la primera fila de módulos fotovoltaicos, al igual que pasa con la situación del viento a presión.

- Distribución de velocidades horizontales

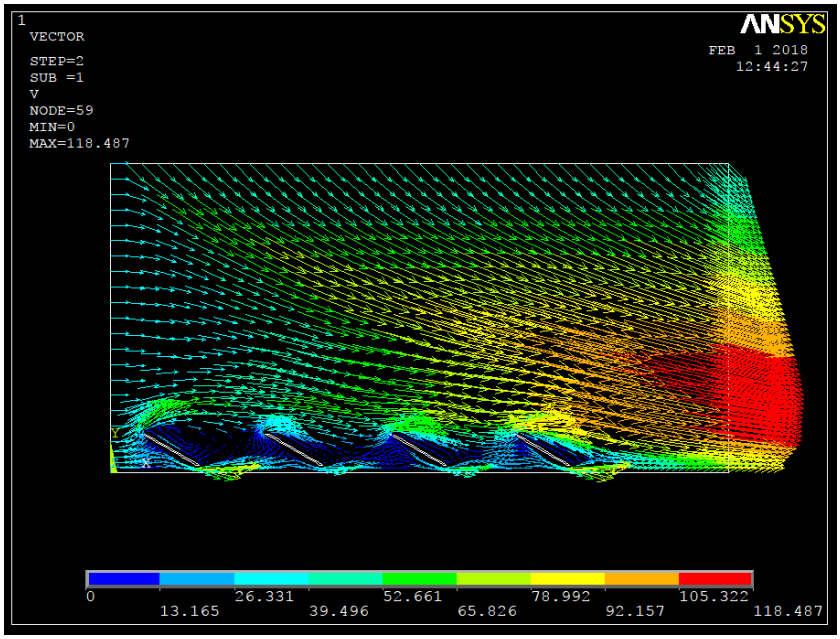


Ilustración 23 Distribución de velocidades para estructura fija (viento a succión)

Se observa que la velocidad que llega a la segunda fila es menor que la recibida por la primera fila.

Al igual que el caso de presión, la velocidad del viento aumenta al paso por el medio metro entre los módulos fotovoltaicos y el suelo.

6.4. Resultados Seguidor

6.4.1. Estudio del viento a presión

- Distribución de presiones

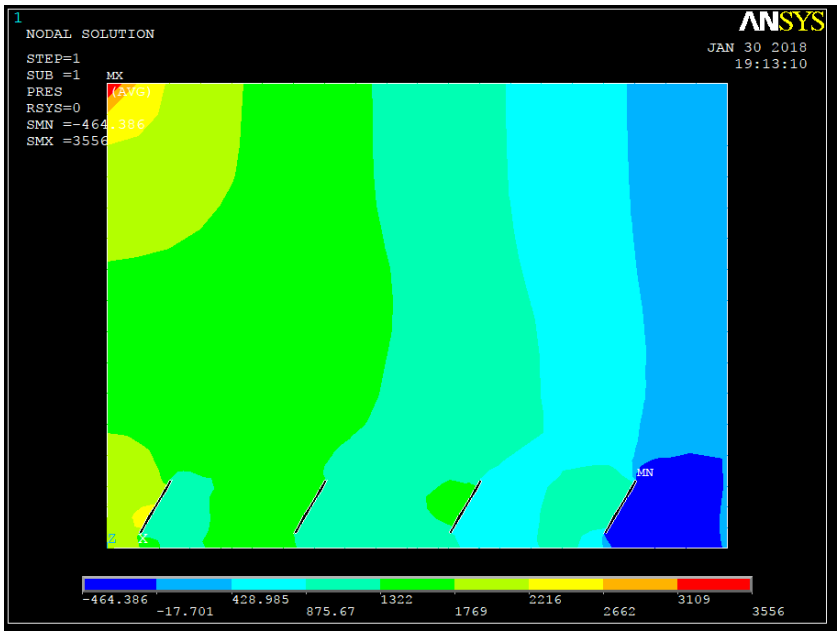


Ilustración 24 Distribución de presiones para seguidor (viento a presión)

Se aprecia que las presiones son más altas en la sección de entrada y al impactar con la primera fila de módulos fotovoltaicos. Se observa que en el área de salida se obtiene un valor negativo, ya que como se ha impuesto la presión relativa a la salida era la atmosférica.

- Distribución de velocidades horizontales

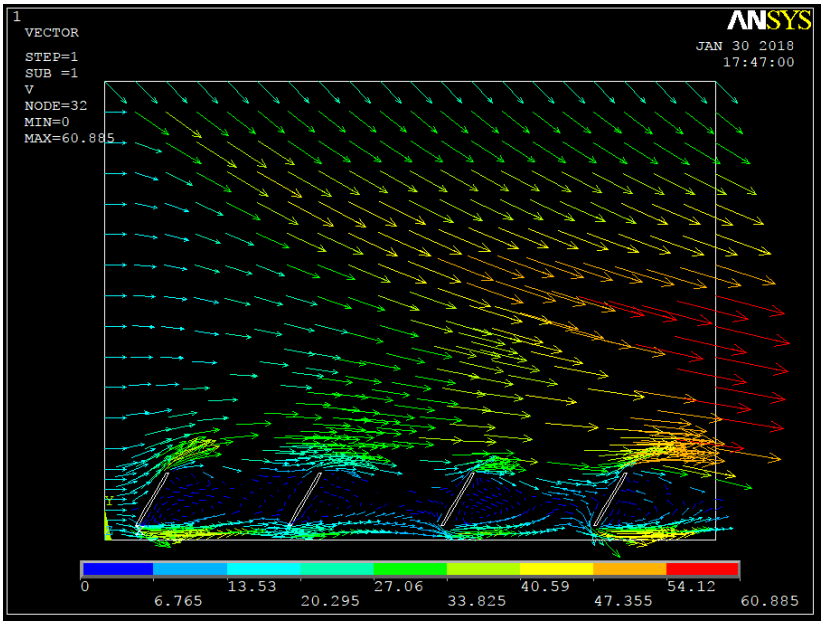


Ilustración 25 Distribución de velocidades para seguidor (viento a presión)

Se observa que la velocidad que llega a la segunda fila es menor que la recibida por la primera fila. La velocidad del viento aumenta al paso por el medio metro entre los módulos fotovoltaicos y el suelo.

6.4.2. Estudio de viento a succión

- Distribución de presiones

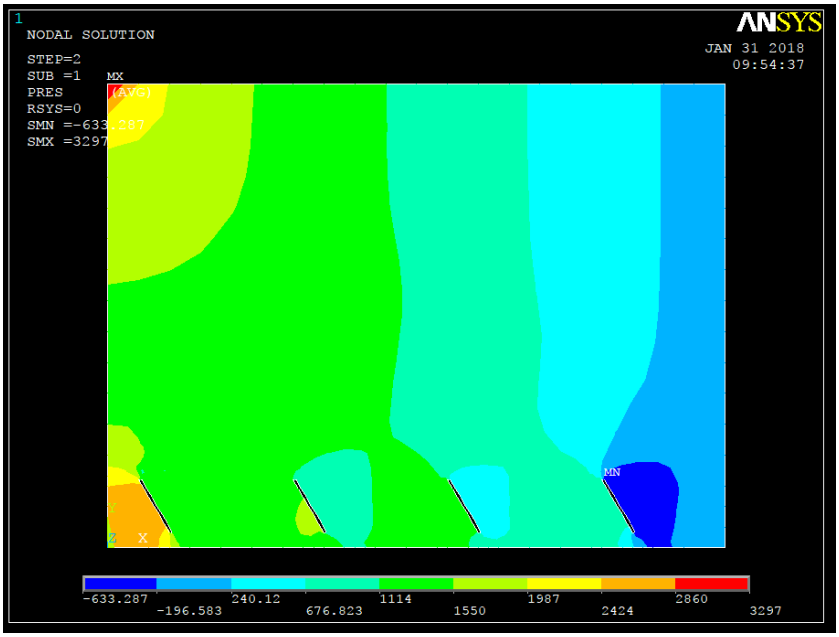


Ilustración 26 Distribución de presiones para seguidor (viento a succión)

Se aprecia que las presiones son más altas en la sección de entrada y al impactar con la primera fila de módulos fotovoltaicos, al igual que pasa con la situación del viento a presión.

- Distribución de velocidades horizontales

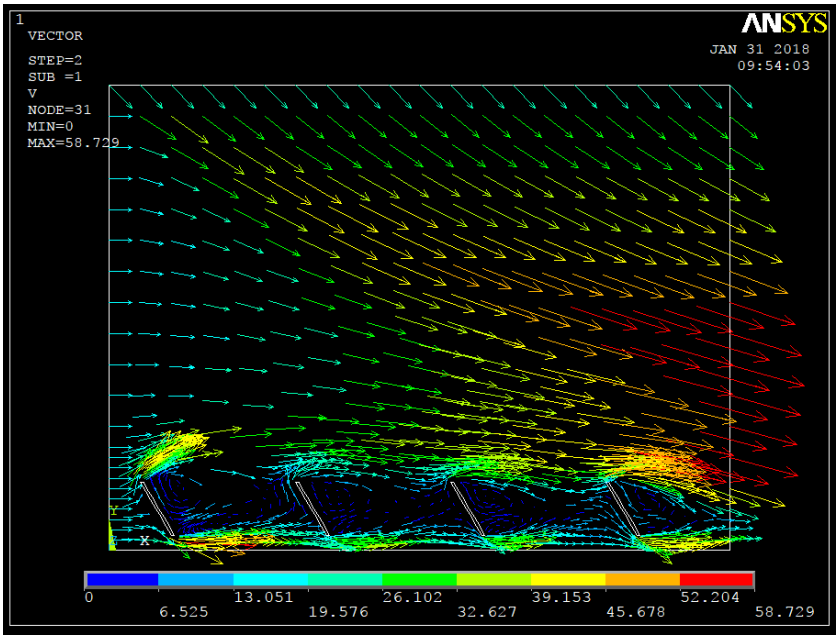


Ilustración 27 Distribución de velocidades para seguidor (viento a succión)

Se observa que la velocidad que llega a la segunda fila es menor que la recibida por la primera fila.

Al igual que el caso de presión, la velocidad del viento aumenta al paso por el medio metro entre los módulos fotovoltaicos y el suelo.

6.5. Conclusiones túnel de viento

Para hallar cuál es el porcentaje de viento que reciben las segundas filas de paneles respecto al que recibe la primera, se van a estudiar los nodos que forman la superficie afectada de los módulos fotovoltaicos. Después de saber cuáles son los nodos afectados, con la ayuda de ANSYS, se lista la presión que ejerce el viento en cada uno de dichos nodos.

Los resultados obtenidos se pueden ver en las siguientes tablas:

	ESTR. FIJA - PRESIÓN 30º							
	Fila 1		Fila 2		Fila 3		Fila 4	
	Nodo	Presión	Nodo	Presión	Nodo	Presión	Nodo	Presión
	121	6.539,80	133	6.025,00	145	4.122,20	159	1.029,10
	1197	7.011,40	1207	6.682,30	1167	5.461,50	1209	3.283,00
	1196	7.214,90	1206	6.851,20	1166	5.850,30	1208	3.947,00
	1195	7.363,30	1205	6.962,20	1165	6.116,50	1131	4.468,80
	1194	7.482,60	1204	7.029,00	1164	6.294,10	1130	4.816,30
	1193	7.574,60	1161	7.068,40	1163	6.420,90	1129	5.038,40
	1192	7.649,20	1160	7.085,20	1162	6.502,60	1128	5.185,40
	1191	7.713,70	1135	7.083,80	1123	6.543,70	1127	5.249,70
	1190	7.778,80	1134	7.068,50	1122	6.547,40	1126	5.236,50
	1151	7.856,00	1133	7.044,10	1121	6.519,00	1125	5.165,60
	1150	7.946,80	1132	7.016,00	1120	6.467,70	1124	5.053,30
	132	8.055,00	144	6.986,60	156	6.398,20	163	4.908,60
	131	8.190,40	143	6.958,00	155	6.311,30	162	4.735,00
	130	8.336,80	142	6.926,00	154	6.198,16	161	4.522,50
	129	8.393,60	141	6.894,60	153	6.067,00	160	4.231,00
	128	7.935,80	140	6.614,10	152	5.187,10	158	2.705,60
Promedio de cada fila		7.690,17		6.893,44		6.062,98		4.348,49
Porcentaje de presión de viento recibida respecto de la que recibe la primera fila (%)				89,64		78,84		56,55

Tabla 8 Porcentaje de presión de viento recibida respecto de la que recibe la primera fila (Estructura fija - presión)

	ESTR. FIJA - SUCCIÓN 30º							
	Fila 1		Fila 2		Fila 3		Fila 4	
	Nodo	Presión	Nodo	Presión	Nodo	Presión	Nodo	Presión
	121	8.465,60	133	6.581,20	147	6.239,10	159	4.849,20
	1247	9.541,20	1233	7.090,20	1239	6.823,00	1249	5.688,50
	1246	9.615,10	1232	7.134,40	1238	6.740,90	1248	5.645,90
	1227	9.633,90	1229	7.186,50	1235	6.684,40	1245	5.575,10
	1226	9.637,30	1228	7.224,80	1234	6.642,80	1244	5.511,10
	1223	9.629,90	1095	7.252,90	1101	6.616,30	1241	5.465,00
	1222	9.607,80	1094	7.271,50	1100	6.593,80	1240	5.421,90
	1127	9.567,50	1075	7.279,00	1079	6.566,60	1107	5.367,50
	1126	9.510,80	1074	7.281,60	1078	6.530,10	1106	5.292,10
	1065	9.428,00	1073	7.268,90	1077	6.484,20	1087	5.200,30
	1064	9.327,10	1072	7.239,50	1076	6.434,50	1086	5.099,00
	132	9.206,20	144	7.191,30	151	6.376,30	163	4.979,30
	131	9.051,20	143	7.128,00	150	6.297,70	162	4.816,90
	130	8.825,70	142	7.045,90	149	6.178,50	161	4.571,00
	129	8.480,00	141	6.930,90	148	5.991,40	160	4.186,80
	128	7.446,70	140	6.600,50	146	5.427,10	158	3.033,30
Promedio de cada fila		9.185,88		7.106,69		6.414,17		5.043,93
Porcentaje de presión de viento recibida respecto de la que recibe la primera fila (%)				77,37		69,83		54,91

Tabla 9 Porcentaje de presión de viento recibida respecto de la que recibe la primera fila (Estructura fija - succión)

	SEGUIDOR-PRESIÓN 60º							
	Fila 1		Fila 2		Fila 3		Fila 4	
	Nodo	Presión (Pa)	Nodo	Presión (Pa)	Nodo	Presión (Pa)	Nodo	Presión (Pa)
	73	1.551,50	77	1.410,30	83	1.209,00	89	746,26
	478	1.924,90	436	1.535,50	486	1.399,70	428	1.185,90
	477	2.095,60	435	1.530,70	485	1.395,70	427	1.178,50
	466	2.244,30	434	1.524,90	430	1.383,90	426	1.144,80
	465	2.307,30	433	1.528,40	429	1.367,30	425	1.093,30
	464	1.128,50	82	1.539,50	88	1.373,00	94	1.045,20
	72	2.080,90	81	1.537,60	87	1.128,50	93	645,15
Promedio de cada fila		1.904,71		1.515,27		1.322,44		1.005,59
Porcentaje de presión de viento recibida respecto de la que recibe la primera fila (%)				79,55		69,43		52,79

Tabla 10 Porcentaje de presión de viento recibida respecto de la que recibe la primera fila (Seguidor - presión)

	SEGUIDOR-SUCCIÓN 60º							
	Fila 1		Fila 2		Fila 3		Fila 4	
	Nodo	Presión (Pa)	Nodo	Presión (Pa)	Nodo	Presión (Pa)	Nodo	Presión (Pa)
	71	2.106,60	79	1.326,00	83	1.194,10	91	931,77
	467	2.785,90	477	1.485,60	485	1.264,80	493	1029,20
	466	2.847,20	476	1.544,60	484	1.272,40	492	963,56
	453	2.855,00	475	1.610,50	483	1.281,10	491	905,23
	452	2.822,70	474	1.666,50	482	1.389,40	490	852,06
	76	2.656,20	80	1.679,70	88	1.282,20	92	765,67
	75	1.939,00	78	1.556,50	87	1.094,60	90	437,32
Promedio de cada fila		2.573,23		1.552,77		1.254,09		840,69
Porcentaje de presión de viento recibida respecto de la que recibe la primera fila (%)				60,34		48,74		32,67

Tabla 11 Porcentaje de presión de viento recibida respecto de la que recibe la primera fila (Seguidor - succión)

Se concluye, por tanto, que para las dos primeras filas (filas exteriores), se va a utilizar la presión dada por el CTE, sin embargo, a partir de la tercera fila (filas interiores), se va a multiplicar dicha presión obtenida del CTE por un coeficiente de reducción.

Dichos coeficientes serán los siguientes:

Estructura Fija		
	Presión	succión
Mesas exteriores	1	1
Mesas interiores	0,9	0,8

Tabla 12 Coeficientes de reducción de la presión de viento para estructura fija

Se fijan estos coeficientes ya que, en el caso de viento a presión, la tercera fila de placas recibe casi el 80% de la presión de viento que recibe la primera fila, por tanto, el coeficiente propuesto es de 0,9. Igualmente, para el caso de succión, se fija el coeficiente en 0,8 ya que la tercera fila de placas recibe el 70% de la presión que recibe la primera.

Seguidor		
	Presión	succión
Mesas exteriores	1	1
Mesas interiores	0,8	0,6

Tabla 13 Coeficientes de reducción de la presión de viento para Seguidor

Asimismo, en el caso de viento a presión, la tercera fila de placas recibe casi el 70% de la presión de viento que recibe la primera fila, por tanto, el coeficiente propuesto es de 0,8 para estar del lado de la seguridad. De la misma forma, para el caso de succión, se fija el coeficiente en 0,6 ya que la tercera fila de placas recibe el 50% de la presión que recibe la primera.

De esta forma, se consigue una gran optimización del metal utilizado, pero siempre del lado de la seguridad, ya que se considera un factor de 0,1 de seguridad.

7. Organización del Layout

7.1. Estudio topográfico

Con el fin de delimitar el área en el que se pueden instalar las estructuras diseñadas (sin necesidad de ningún tipo de movimiento de tierras) se realiza un análisis de los taludes existentes en la parcela con la ayuda del programa CIVIL 3D.

Se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

La estructura fija puede salvar un desnivel de hasta el 8% sin que sus condiciones de diseño descritas en el apartado 8 de cálculo estructural se vean afectadas.

Sin embargo, el seguidor, al tener una longitud de 61 metros, únicamente admite una pendiente de entre el 2 y el 3 %.

Tras realizar el análisis de taludes de la parcela (ver plano 2: Estudio de taludes y reducción de la superficie útil de la parcela), se llega a la siguiente conclusión:

El área en el que se puede instalar la opción del seguidor no es mucho menor que el área en la que se puede instalar la opción de la estructura fija. Esto es debido a que una parte de la parcela es muy llana, pero en el resto se produce un salto de elevaciones de terreno muy brusco.

Por tanto, el área de la parcela en la que se pueden instalar ambos tipos de estructuras se ve reducida de la siguiente manera:

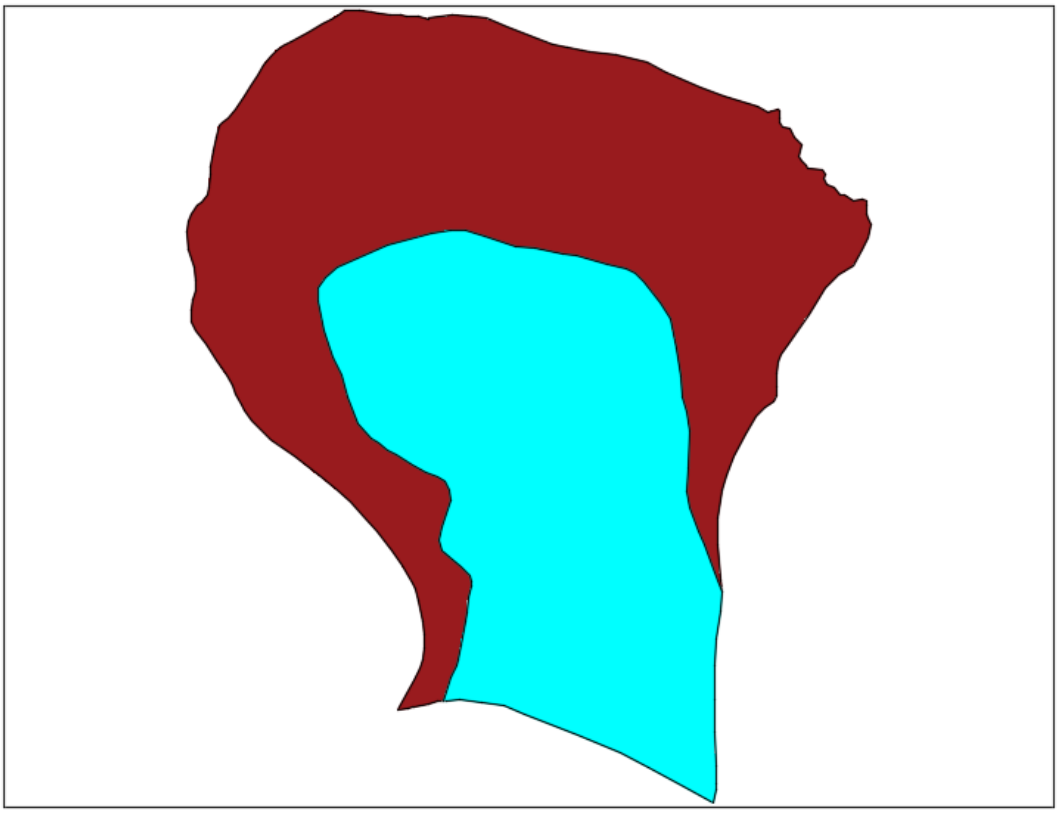


Ilustración 28 Reducción de la superficie útil de la parcela

En azul queda definida el área útil de la parcela, y en granate, el área que queda desaprovechada.

7.2. Discretización de mesas INTERIOR – EXTERIOR

Definidas las acciones a aplicar a la estructura y el tipo de geometría de esta, se realiza una evaluación de los distintos tipos de mesa de los que se compone la instalación.

7.2.1. Estructura fija

De acuerdo con el ensayo de túnel de viento para estructura fija, de la longitud de la mesa (15,188 m), y del ángulo del plano de los paneles solares (30°), los dos tipos de estructuras fijas a definir con el fin de ahorrar material y conseguir optimizar el cálculo estructural son:

- Mesa Exterior: Viento perpendicular en dirección N-S y viento lateral.
- Mesa Interior: Protegida por las anteriores de la siguiente manera.

    - Dirección del viento perpendicular a la estructura (N-S y S-N): Protegidas por 2 mesas frontales
    - Dirección del viento lateral a la estructura: Protegidas por una fila de mesas.

Se considerará que una mesa de módulos protege a la siguiente cuando la distancia entre éstas es menor de 7 m. Esto es así ya que la industria considera como norma general esta distancia como valor práctico por considerar que a partir de 7 metros el viento se puede regenerar.

Cumpliendo las condiciones anteriores, el patrón de colores será verde para las mesas interiores y rojo para las exteriores (cuando el viento actúa tanto a presión como a succión).

Ilustración 29 Lay Out Estructura Fija: Discretización INTERIORES - EXTERIORES

El lay out escogido para esta opción, se puede ver con más detalle en el documento de planos (plano 3: Lay-Out INTERIORES-EXTERIORES; Estructura Fija)

La estructura fija se adapta mejor al terreno en caso de que éste sea irregular, ya que tiene menor longitud.

Existe la opción de un mayor aprovechamiento de la superficie de la parcela, ya que, utilizando este tipo de estructura, caben una cantidad mayor de módulos solares, pero para el caso de estudio no se utiliza todo el espacio aprovechable posible con el fin de que el número de placas solares sea el mismo para ambas alternativas.

A continuación, se detalla el número de mesas de cada tipo según la distribución adoptada:

- Mesas interiores: 680
- Mesas exteriores: 408
- Total de mesas: 1.088
- Módulos solares por mesa: 30
- Paneles totales en la instalación: 32.640
- Potencia total pico: $32640 \times 350 = 11{,}424\ MW$

7.2.2. Seguidor

De acuerdo con el ensayo de túnel de viento para estructura de tipo seguidor, de la longitud de la mesa (61.896 m), y del ángulo máximo (más desfavorable) del plano de los paneles solares (60º), los dos tipos de estructuras fijas a definir con el fin de ahorrar material y conseguir optimizar el cálculo estructural son:

- Mesa Exterior: Viento perpendicular en dirección N-S y viento lateral.
- Mesa Interior: Protegida por las anteriores de la siguiente manera.

    - Dirección del viento perpendicular a la estructura (N-S y S-N): Protegidas por 2 mesas frontales
    - Dirección del viento lateral a la estructura: Protegidas por una fila de mesas.

Al igual que en el caso de la estructura fija, se considerará que una mesa de módulos protege a la siguiente cuando la distancia entre éstas es menor de 7 m debido a que se estima que, a partir de 7 metros, el viento se puede regenerar.

Cumpliendo las condiciones anteriores, el patrón de colores será verde para las mesas interiores y rojo para las exteriores (cuando el viento actúa tanto a presión como a succión).

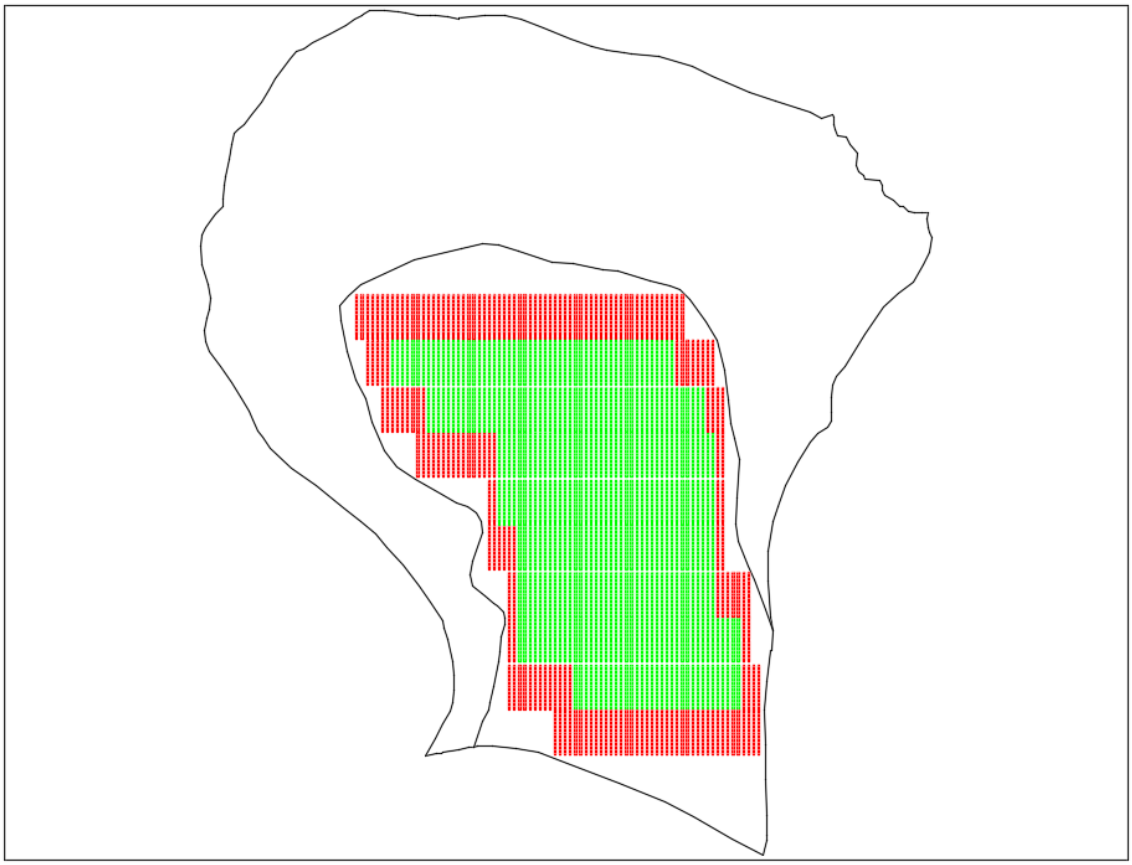


Ilustración 30 Lay Out Seguidor: Discretización INTERIORES - EXTERIORES

El lay out escogido para esta opción, se puede ver con más detalle en el documento de planos (plano 4: Lay-Out INTERIORES-EXTERIORES; Seguidor)

A continuación, se detalla el número de mesas de cada tipo según la distribución adoptada:

- Mesas interiores: 304
- Mesas exteriores: 240
- Total de mesas: 544
- Módulos solares por mesa: 60
- Paneles totales en la instalación: 32.640
- Potencia total pico: $32640 \times 350 = 11{,}424\ MW$

8. Cálculo estructural

8.1. Diseño de la estructura - visión general

8.1.1. Estructura fija

- Longitud de la estructura: 15,188 m
- Distancia entre filas de estructuras: 4.5 m
- Disposición de los paneles en cada estructura: 2V x 15 (2 filas de paneles en vertical por 15 columnas)
- Módulos por estructura: 30
- Ángulo de la estructura: 30°
- Altura libre mínima de los paneles al suelo: 0,5 m

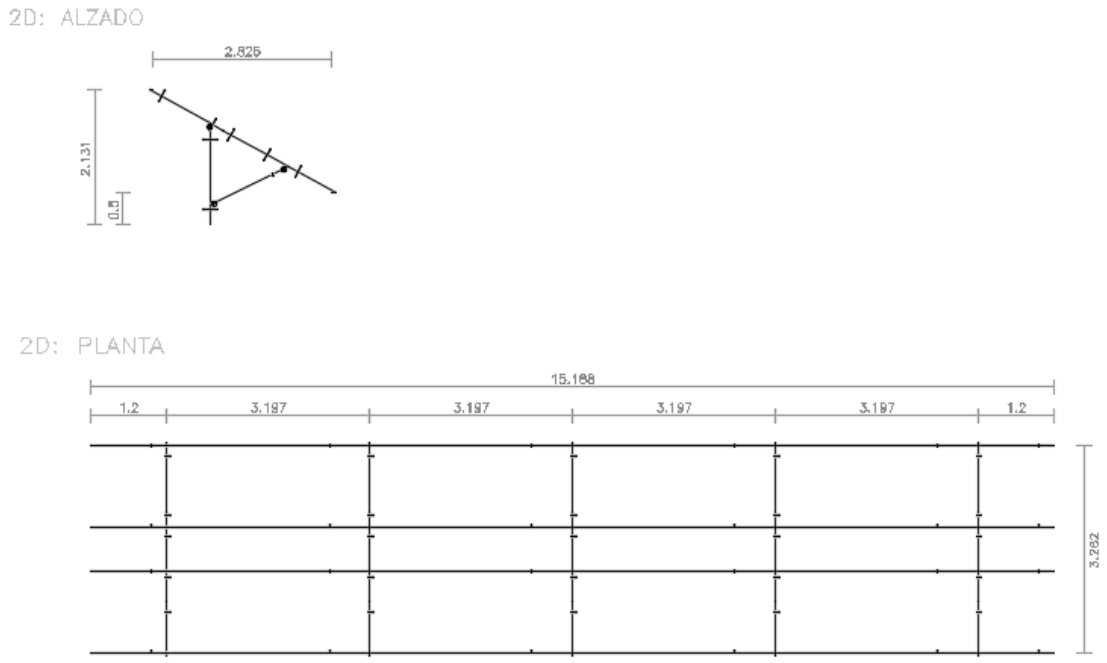


Ilustración 31 Diseño de la estructura fija acotado

Esta estructura está orientada en dirección Norte - Sur con un ángulo de inclinación fijo de 30°, ya que es el ángulo óptimo para la situación de radiación solar en España. Alcanzan su máximo rendimiento cuando el sol forma un ángulo de 90° con respecto a los módulos solares.

8.1.2. Seguidor

- Longitud de la estructura: 61,296 m
- Distancia entre filas de estructuras: 5 m
- Disposición de los paneles en cada estructura: 1V x 60 (una fila de 60 paneles en vertical)
- Módulos por estructura: 60
- Ángulo máximo de trabajo: ± 60°
- Ángulo de defensa: 0º
- Altura libre mínima de los paneles al suelo: 0.5 m

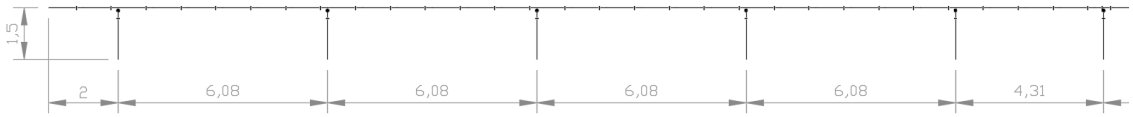


Ilustración 32 Diseño del seguidor acotado

El seguidor se ha diseñado para rastrear el sol durante el día de Este a Oeste. El motor de giro está situado en el centro de cada seguidor, los cuales giran simultáneamente. El ángulo máximo de trabajo del seguidor es ± 60°. Cuando la velocidad de viento alcanza una ráfaga de 60 km/h durante al menos 5 segundos, el seguidor gira hasta la posición de defensa (0°) y permanece así hasta que la velocidad de viento cae por debajo de 60 km/h. Cuando eso sucede, el rastreador vuelve a la actividad normal. Además, un sistema de retroceso impide el sombreado parcial y los efectos de punto caliente en paneles fotovoltaicos.

8.2. Elección de acero S355

La diferencia de límite elástico entre el acero S275 y el acero S355 es de casi el 30%, favorable al S355. Por ello se decide utilizar este material, debido a que el dimensionamiento de la estructura que se va a calcular viene marcado por la resistencia. Además, la utilización de este acero sólo supone un 10% aproximadamente de sobrecoste (frente al 30% de mejora en el límite elástico).

Las características mecánicas del material son:

Acero: S355JR, material según UNE EN 10025, equivalente a ASTM 572gr50

- Límite de elasticidad mínimo: 355 N / mm2
- Elongación: 23%
- Módulo elástico: 210000 N / mm2
- coeficiente de Poisson: 0.3
- Densidad: 7900 kg / m3
- Límite elástico de relación / Esfuerzo máximo promedio = 0.75
- material de soldadura

8.3. Selección de perfiles para cada componente

8.3.1. Estructura fija

Después de analizar diferentes opciones y diferentes series de perfiles, se llega a la siguiente conclusión: La manera con la que más se puede optimizar la utilización de acero en este tipo de estructura es con la utilización del perfil en C conformado en Frío y rigidizado.

Dentro de esta serie de perfiles, se obtiene que el ahorro de material es aún mayor si la estructura se forma con 5 pórticos en lugar de solamente 4.

En la siguiente tabla se exponen las cuantías de material que se debería utilizar para las distintas opciones de diseño estudiadas:

CUANTÍAS ESTRUCTURA FIJA		
DISEÑO ESTRUCTURA		PESO (kg)
Perfil C con 4 pórticos	EXTERIOR	683,91
	INTERIOR	647,64
Perfil C con 5 pórticos	EXTERIOR	549,43
	INTERIOR	470,42
Perfil #	EXTERIOR	1236,83
	INTERIOR	1165,51
Perfil IPE	EXTERIOR	2437,21
	INTERIOR	-

Tabla 14 Cuantías Estructura Fija

Como se puede observar en la tabla, la opción con la que menos material se utiliza, y, por tanto, con la que más se optimiza el cálculo estructural, es colocando 5 pórticos y utilizando un perfil de la serie C.

Po tanto, los componentes básicos de la estructura son:

- Correas para mesas interiores: CF-140x2,0

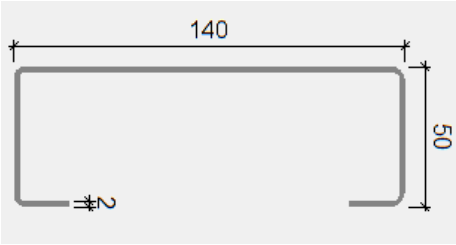


Ilustración 33 Estructura fija: Correas para mesas interiores

- Correas para mesas exteriores: CF-120x2,5

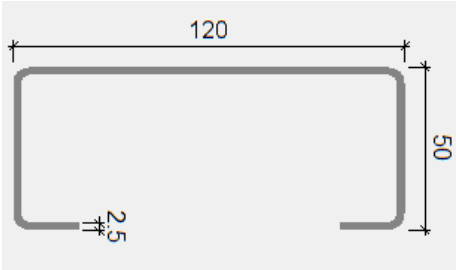


Ilustración 34 Estructura fija: Correas para mesas exteriores

- Montantes para mesas interiores: CF-225x2,5

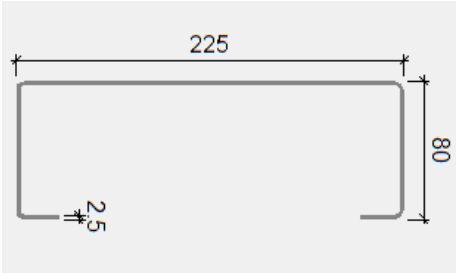


Ilustración 35 Estructura fija: Montantes para mesas interiores

- Montantes para mesas exteriores: CF-225x3

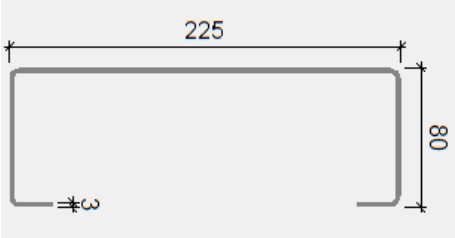


Ilustración 36 Estructura fija: Montantes para mesas exteriores

- Postes para mesas interiores: CF-225x2,5

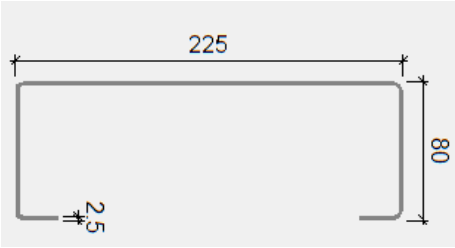


Ilustración 37 Estructura fija: Postes para mesas interiores

- Postes para mesas exteriores: CF-225x3

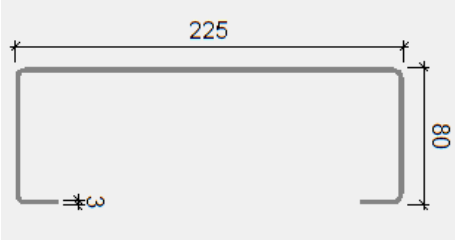


Ilustración 38 Estructura fija: Postes para mesas exteriores

- Tirantes: CF-60x2,0

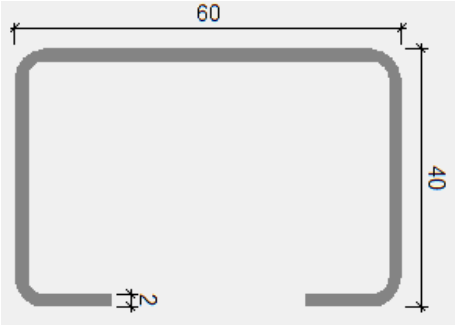


Ilustración 39 Estructura fija: Tirantes

8.3.2. Seguidor

En relación con la elección de la serie de perfiles más apropiada para cada pieza en este tipo de estructuras, se han tenido en cuenta los siguientes aspectos:

- Postes: Elementos estructurales que trabajan principalmente a flexión. Se debe seleccionar un tipo de perfil con un momento de inercia elevado en el plano en el que se tenga los esfuerzos de flexión. Por ello se decide utilizar perfiles de la serie cajón cuadrado conformado para los postes estándar y HEB para los postes cercanos al motor de giro.
- Correas: Se escogen los perfiles de la serie omega debido a que facilitan un rápido y sencillo montaje de los paneles sobre ellos, lo cual economiza y facilita la instalación, ofreciendo un ajuste perfecto. Además, son una serie de perfiles bastante livianos.
- Tubo de torque: Igualmente, se escogen tubos estructurales cuadrados debido a que esta pieza ha de soportar esfuerzos de torsión, ya que la fuerza del motor se aplica sobre ella. Por su forma cerrada y bajo peso presentan un mejor comportamiento a este tipo de esfuerzos, además de tener una gran resistencia al pandeo.
- Otra ventaja es su facilidad de montaje, permitiendo la realización de uniones simples por soldadura.

En la siguiente tabla se exponen las cuantías de material que se debería utilizar para las distintas opciones de diseño estudiadas:

CUANTÍAS SEGUIDOR				
DISEÑO ESTRUCTURA		MATERIAL	PESO (kg)	PESO TOTAL (kg)
4 postes	EXTERIOR	Acero laminado	30,605	1769,785
		Acero conformado	1739,18	
	INTERIOR	Acero laminado	30,605	1551,735
		Acero conformado	1521,13	
5 postes	EXTERIOR	Acero laminado	30,605	1269,08
		Acero conformado	1238,475	
	INTERIOR	Acero laminado	30,605	1037,82
		Acero conformado	1007,215	
6 postes	EXTERIOR	Acero laminado	30,605	887,745
		Acero conformado	857,14	
	INTERIOR	Acero laminado	30,605	850,095
		Acero conformado	819,49	

Tabla 15 Cuantías Seguidor

Se confirma con esta tabla que la opción con la que se consigue una mayor optimización del material, tanto para las mesas exteriores como para las interiores, es con el montaje de 6 postes a cada lado del motor de giro.

Po tanto, Los componentes básicos de la estructura son:

- Correas: G 110x50x25x134x1,6

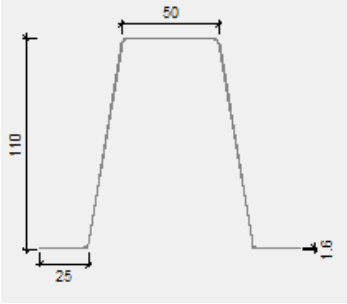


Ilustración 40 Seguidor: Correas

- Poste estándar para mesas interiores: 75x8,59

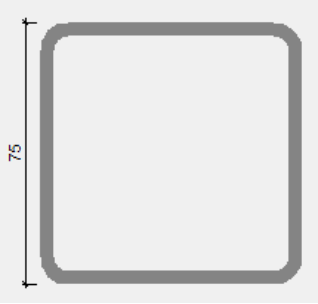


Ilustración 41 Seguidor: Poste estándar para mesas interiores

- Poste estándar para mesas exteriores: 100 x 8,96

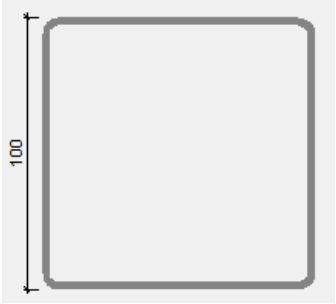


Ilustración 42 Seguidor: Poste estándar para mesas exteriores

- Poste motor: HE 100 B

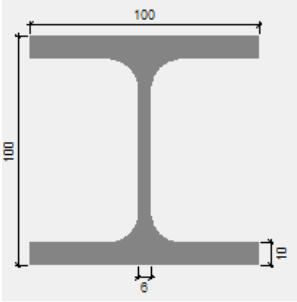


Ilustración 43 Seguidor: Poste motor

- Tubo de torque para mesas interiores: 100x6,07

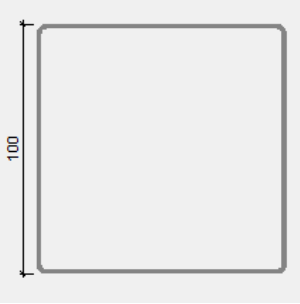


Ilustración 44 Seguidor: Tubo de torque para mesas interiores

- Tubo de torque para mesas exteriores: 75x6,60

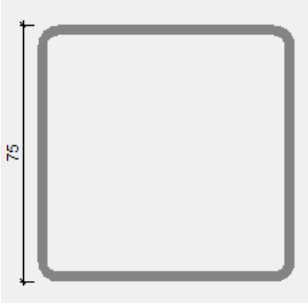


Ilustración 45 Seguidor: Tubo de torque para mesas exteriores

8.4. Metodología de cálculo en CYPE para cada caso

El análisis se ha llevado a cabo calculando una matriz espacial de rigidez 3D que representa todos los elementos que definen la estructura (sin incluir paneles fotovoltaicos).

Las pautas que se han seguido para la modelización de ambas estructuras en CYPE 3D son las siguientes:

- Verificar la altura y la anchura de la estructura. Al no modelizarse el panel, la distancia libre entre terreno y correa es superior a la altura libre entre terreno y panel (Parte del panel queda en voladizo).
- La introducción de cargas se realiza mediante "paños". Se introducen en éstos la carga permanente de los paneles y la nieve en ejes globales. Se introducen también el viento a presión y el viento a succión en los ejes locales. Ahora se ha de asignar la dirección del reparto de cargas correctamente para cada caso, de manera que, en ambos casos, sean las correas las que reciban la carga lineal. Esta carga lineal, a su vez, será transmitida a montantes en el caso de la estructura fija y al tubo de torque en el caso del seguidor.
- Se ha de revisar también las combinaciones de carga que se están utilizando, tanto ELU como ELS.
- Igualmente, se verifica que el material asignado a cada barra es el acero S355.
- Tanto las comprobaciones estructurales del acero laminado o conformado, como las comprobaciones de la cimentación se realizarán con el Código técnico de la Edificación.

A continuación, se detallan los patrones específicos para la modelización de cada tipo de estructura:

8.4.1. Estructura fija

- Las correas deben estar giradas con el ángulo de cubierta para realizar adecuadamente la comprobación de flexión.
- En las uniones entre poste y montante, la cabeza del poste se considera articulada. Esto es debido a que se utilizan tornillos para esta unión, con lo cual es muy difícil materializar una unión rígida en esta zona.
- Las uniones de los tirantes (un extremo con el poste y el otro con el montante), se consideran también articuladas.
- Las correas tendrán continuidad en toda su longitud
- A continuación, se exponen los valores de los coeficientes de pandeo por compresión y de pandeo lateral utilizados:

COEFICIENTES DE PANDEO - ESTR. FIJA						
ELEMENTO		PANDEO COMPRESIÓN		PANDEO LATERAL		
		Eje Débil	Eje Fuerte	Ala Superior	Ala Inferior	
Correas	Tramo voladizo	β=2	β=2	Lb = D	Lb = D	D= Ancho de los paneles
	Tramo central	β=0.5	β=0.5	Lb = D	Lb = D	D= Ancho de los paneles
Montante	Tramo voladizo	Lk =2xL	Lk =2xL	Lb = 2xL	Lb = 2xL	L= distancia entre correas
	Tramo central	Lk =L	Lk =L	Lb = L	Lb = L	L= distancia de poste o tirante fin de tramo
Poste		β=2	β=2	β=2	β=2	
Tirantes		β=1	β=1	β=1	β=1	

Tabla 16 Coeficientes de pandeo - Estructura Fija

El motivo por el que en los montantes y las correas se calcula el pandeo introduciendo en el programa la longitud de pandeo en lugar del coeficiente de pandeo directamente es debido a que CYPE considera la longitud de cada barra de nodo a nodo, por tanto, no sería un cálculo real ya que la verdadera longitud de pandeo de estas piezas debe ser igual a la distancia existente entre sus puntos de apoyo.

De esta manera, se introduce la longitud de pandeo directamente en los montantes de la siguiente manera:

- Para los tramos en voladizo equivale a dos veces la longitud que está en vuelo (β = 2).
- Para los vanos que no están en voladizo, equivale a la distancia entre poste y poste (β = 1).

Y también en las correas para el caso de pandeo lateral (ya que los paneles, al estar unidos entre sí, rigidizan la estructura):

- Tanto para los tramos en voladizo como para los vanos, se considera una longitud de pandeo equivalente al ancho de los paneles.

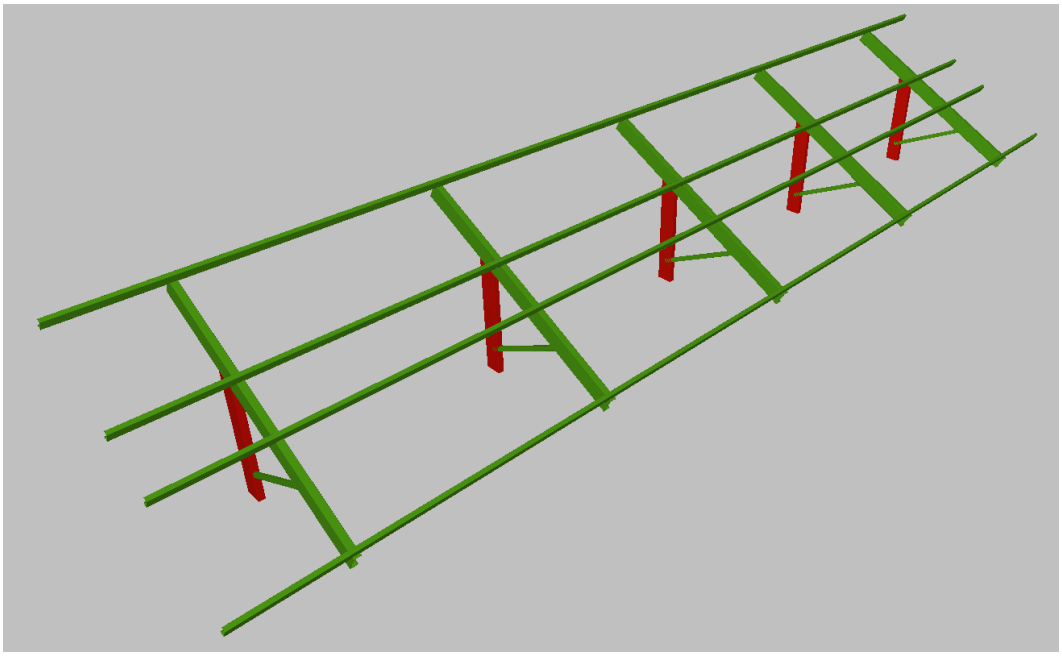


Ilustración 46 Vista 3D de la Estructura Fija

8.4.2. Seguidor

Lo primero que cabe mencionar, es que se han tenido en cuenta dos posiciones para este cálculo: posición de defensa y posición de trabajo.

- Posición de defensa: En este caso, los paneles se encuentran a 0°. Como se ha explicado en apartados anteriores, cuando la velocidad de viento alcanza una ráfaga de 60 km/h durante al menos 5 segundos, el seguidor gira hasta la posición de defensa.

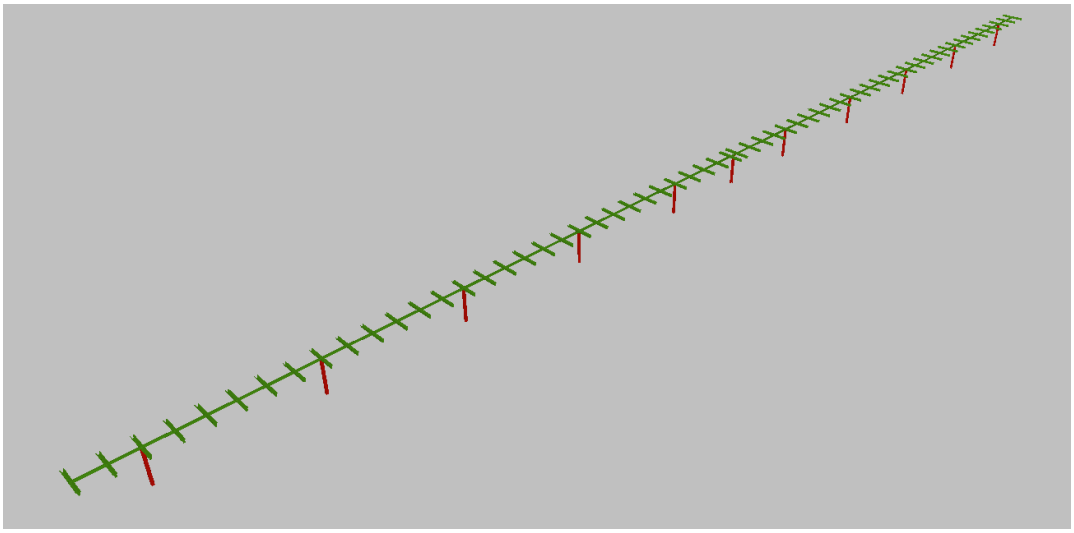


Ilustración 47 Vista 3D del seguidor en posición de defensa

- Posición de trabajo: Para la posición de trabajo del seguidor, la velocidad máxima del viento permitida es de 60 km/h, velocidad de ráfaga. Cuando se alcanza esto, el sistema de seguridad electrónico mueve el rastreador a la posición de almacenamiento. Por lo tanto, el peor escenario para la posición de trabajo es la presión del viento de una ráfaga de 60 km / h.

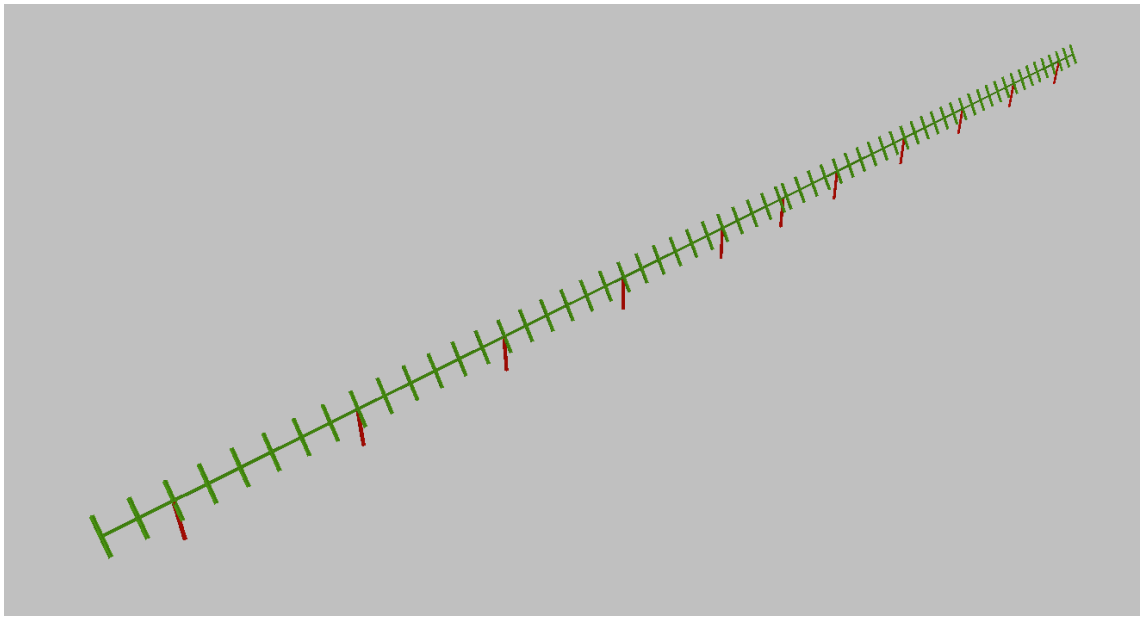


Ilustración 48 Vista 3D del seguidor en posición de trabajo

Los patrones que se han seguido para la modelización de este tipo de estructura son los siguientes:

- Se introducen los dos modelos (posición de defensa y posición de trabajo) en el mismo archivo, cada uno de ellos con distintas capas para poder distinguirlos. Se agrupan los pórticos y las correas de ambos modelos entre sí, de manera que siempre se escoge el perfil más desfavorable entre las dos opciones modeladas.

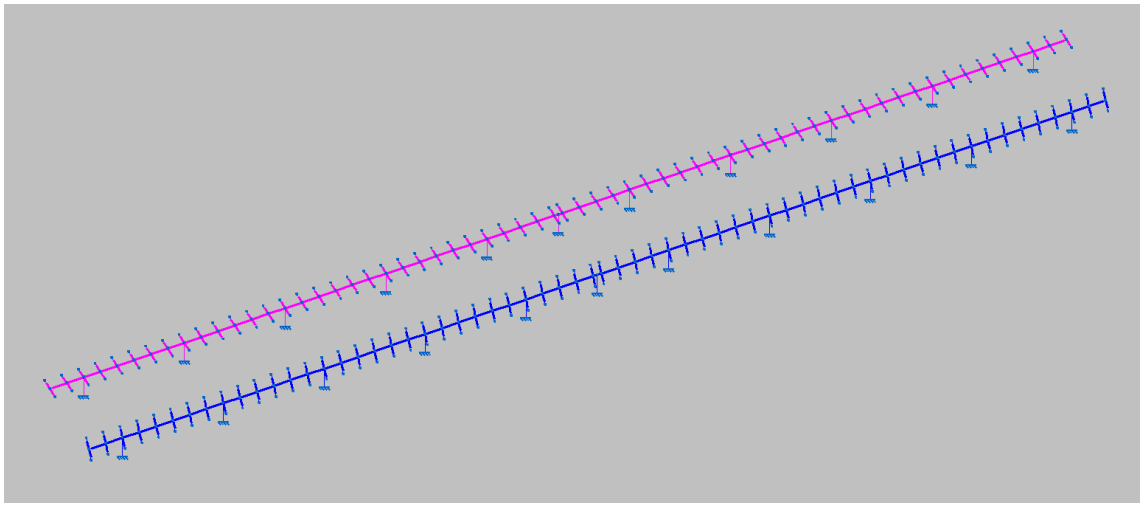


Ilustración 49 Vista del seguidor en ambas posiciones

- Las correas (perfiles de la serie omega) deben estar giradas con el ángulo de cubierta para realizar adecuadamente la comprobación de flexión. Se colocarán con las alas del perfil de manera que miran hacia arriba para facilitar el montaje de los módulos solares.
- Los postes han de colocarse de manera que actúen con su mayor momento de inercia en la dirección en la que los módulos reciben la presión de viento, en este caso, Este - Oeste.
- En las uniones entre poste y tubo de torque, la cabeza del poste se considera articulada. Esto es debido al rodamiento que se utiliza como unión entre ambas piezas.
- El tubo de torque tendrá continuidad en toda su longitud
- A continuación, se exponen los valores de los coeficientes de pandeo por compresión y de pandeo lateral utilizados:

COEFICIENTES DE PANDEO - SEGUIDOR						
ELEMENTO		PANDEO COMPRESIÓN		PANDEO LATERAL		
		Eje Débil	Eje Fuerte	Ala Superior	Ala Inferior	
Correas		β=2	β=2	β=2	β=2	
Tubo de torque	Tramo voladizo	Lk =2xL	Lk =2xL	Lb = 2xL	Lb = 2xL	L= distancia de poste a poste
	Tramo central	Lk =L	Lk =L	Lb = L	Lb = L	L= distancia de poste fin de tramo
Poste		β=2	β=2	β=2	β=2	

Tabla 17 Coeficientes de pandeo – Seguidor

Al igual que en el caso de la estructura fija, el motivo por el que en el tubo de torque se calcula el pandeo introduciendo en el programa la longitud de pandeo en lugar del coeficiente de pandeo directamente es debido a que CYPE considera la longitud de cada barra de nodo a nodo, por tanto, no sería un cálculo real.

De esta manera, se introduce la longitud de pandeo directamente:

- Para los tramos en voladizo equivale a dos veces la longitud que está en vuelo (β=2).
- Para los vanos que no están en voladizo, equivale a la distancia entre poste y poste (β=1).

8.5. Peso propio

Para el cálculo del peso propio, se han tenido en cuenta las siguientes características:

- **Peso propio de la estructura**: Calculado con el software CYPE.
- **Peso de los paneles solares fotovoltaicos**: 26 kg

Para introducir el peso de los paneles en el programa, se ha calculado el peso por metro cuadrado que transmite cada panel dividiendo el peso total del panel entre dos, ya que la superficie del panel es de 2 m^2.

De esta manera se puede incluir su peso en los paños creados en el programa.

$$26\,kg\ \times 10 = 260\,N \rightarrow \frac{1}{2}\ \rightarrow 130\frac{N}{m^2}\ \rightarrow 0.13\,\frac{kN}{m^2}$$

8.6. Cargas de viento

8.6.1. Normativa aplicada para cada caso: (Coeficientes de viento)

- ESTR. FIJA: Se ha utilizado el CTE-DB-SE-AE, en el cual aparece, en la "Tabla D.10: Marquesinas a un agua", diferentes coeficientes en función del ángulo de inclinación. Se ha asimilado la estructura de las mesas que soportan los paneles a una marquesina a un agua debido a que el viento se comporta de una manera similar al paso por estas dos estructuras.
- SEGUIDOR: Debido a que en la normativa utilizada para el caso de la estructura fija (CTE) no contempla ángulos de inclinación de las marquesinas mayores a 30°, se plantea la siguiente solución:
- Para el caso en el que el seguidor está en su posición de trabajo más desfavorable (60°), se ha decidido utilizar la normativa anterior al Código Técnico de la Edificación (NBE-AE-88) ya que en el Eurocódigo tampoco contempla marquesinas con ángulos de inclinación mayores a 30°.

Para el caso de seguidores en posición de defensa (0°), sí que se puede utilizar la normativa actual (CTE-DB-SE-AE).

8.6.2. Procedimiento de cálculo de la presión de viento

A continuación, se exponen los diferentes métodos de cálculo de la presión de viento utilizados en función de lo explicado en el apartado anterior.

8.6.2.1. Seguidor en posición de defensa (0º) y Estructura Fija (30º): CTE-DB-SE-AE

La acción de viento ejerce una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto. A esta fuerza por superficie se le denomina presión estática, qe, y puede expresarse como:

$$q_e = q_b \times c_e \times c_p$$

siendo:

q_b: presión dinámica del viento

c_e: coeficiente de exposición: variable con la altura del punto considerado, en función del grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la construcción

c_p:coeficiente eólico o de presión: dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento,

Cada uno de estos valores, se obtienen de la siguiente manera:

- $\boldsymbol{q_b}$: **Anejo D1. Presión dinámica**

El valor básico de la presión dinámica del viento puede obtenerse con la expresión:

$$q_b = 0{,}5 \times \delta \times {v_b}^2$$

siendo δ la densidad del aire (1,25 kg/m3) y v_b el valor básico de la velocidad del viento.

El valor básico de la velocidad del viento en cada localidad puede obtenerse del mapa de la figura D.1.

Se debe tener en cuenta que para el caso del seguidor en posición de trabajo (60º), como ya se ha mencionado antes, la velocidad máxima que recibe es de 16,67 m/s, ya que cuando el viento supere dicha velocidad, el seguidor pasará a posición de defensa.

Ilustración 50 Valor básico de la velocidad del viento, v_b

- **c_e: Anejo D.2 Coeficiente de exposición**

El coeficiente de exposición ce para alturas sobre el terreno, z, no mayores de 200 m, puede determinarse con la expresión:

$$c_e = F \times (F + 7k)$$

$$F = k \times \ln(\max(z, Z)/L)$$

siendo k, L, Z parámetros característicos de cada tipo de entorno, según la siguiente tabla y z la altura máxima de la estructura.

	Grado de aspereza del entorno	Parámetro		
		k	L (m)	Z (m)
I	Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	0,156	0,003	1,0
II	Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	0,17	0,01	1,0
III	Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	0,19	0,05	2,0
IV	Zona urbana en general, industrial o forestal	0,22	0,3	5,0
V	Centro de negocios de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	0,24	1,0	10,0

Tabla 18 Coeficientes para tipo de entorno

En el caso de estudio, se considera un grado de aspereza del entorno de categoría II al tratarse de un terreno rural sin obstáculos ni vegetación de importancia.

- **c_p: Anejo D.3 Coeficiente de presión exterior**

Este tipo de estructuras no se contemplan en el CTE, pero como ya se ha comentado anteriormente, el paso del viento por éstas se comporta de forma similar que en las marquesinas a un agua:

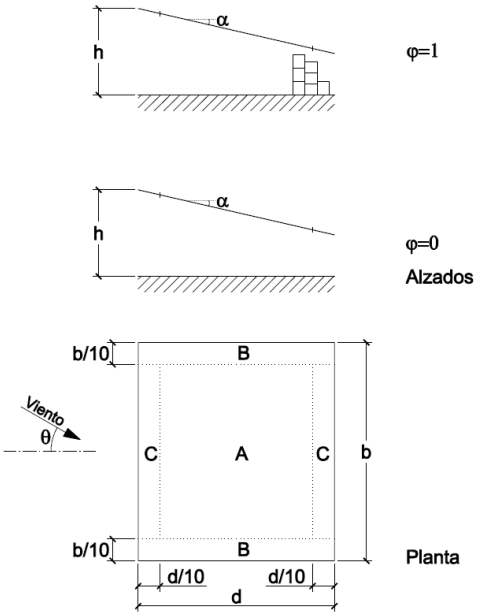


Ilustración 51 Marquesinas a un agua

En las estructuras estudiadas, se considera siempre ϕ = 0, ya que nunca habrá obstrucción del flujo del viento por debajo de una estructura de paneles solares.

Pendiente de la cubierta α	Efecto del viento hacia	Factor de obstrucción φ	Coeficientes de presión exterior $c_{p,10}$ Zona (según figura) A	B	C
0º	Abajo	0 ≤ φ ≤ 1	0,5	1,8	1,1
	Arriba	0	-0,6	-1,3	-1,4
	Arriba	1	-1,5	-1,8	-2,2
5º	Abajo	0 ≤ φ ≤ 1	0,8	2,1	1,3
	Arriba	0	-1,1	-1,7	-1,8
	Arriba	1	-1,6	-2,2	-2,5
10º	Abajo	0 ≤ φ ≤ 1	1,2	2,4	1,6
	Arriba	0	-1,5	-2,0	-2,1
	Arriba	1	-2,1	-2,6	-2,7
15º	Abajo	0 ≤ φ ≤ 1	1,4	2,7	1,8
	Arriba	0	-1,8	-2,4	-2,5
	Arriba	1	-1,6	-2,9	-3,0
20º	Abajo	0 ≤ φ ≤ 1	1,7	2,9	2,1
	Arriba	0	-2,2	-2,8	-2,9
	Arriba	1	-1,6	-2,9	-3,0
25º	Abajo	0 ≤ φ ≤ 1	2,0	3,1	2,3
	Arriba	0	-2,6	-3,2	-3,2
	Arriba	1	-1,5	-2,5	-2,8
30º	Abajo	0 ≤ φ ≤ 1	2,2	3,2	2,4
	Arriba	0	-3,0	-3,8	-3,6
	Arriba	1	-1,5	-2,2	-2,7

Tabla 19 Coeficientes de presión exterior para marquesinas a un agua

Un valor negativo del coeficiente indica que la acción del viento tiende a levantar l estructura, y un valor positivo lo contrario. A efectos del dimensionado de las mesas de placas solares, se consideran ambas situaciones.

En este caso, se utilizan los coeficientes correspondientes a 0° (seguidor en posición de defensa) y a 30° (estructura fija).

Se debe tener en cuenta que la superficie expuesta al viento se divide en diferentes zonas, y que a cada cual le corresponde un coeficiente de presión exterior.

8.6.2.2. Seguidor en posición de trabajo (60º): NBE-AE-88

La presión estática de viento se calcula como el producto de los siguientes factores:

- **Presión dinámica del viento**

El viento de velocidad v (m/s) produce una presión dinámica w (kg/m²) en los puntos donde su velocidad se anula, de valor:

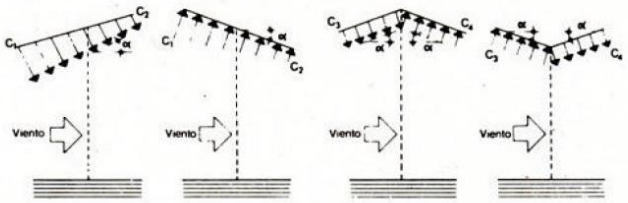
$$W = \frac{v^2}{16}$$

En este caso, la velocidad máxima de viento se considera de 20 (m/s), ya que cuando se detecte una ráfaga mayor de 17 (m/s), el seguidor irá a posición de defensa (0°).

- **Sobrecarga de viento en construcciones abiertas**

La sobrecarga total de viento se calculará según la siguiente tabla, tomando el área de la proyección de la parte maciza de la construcción, que para el caso del seguidor en posición de trabajo (60°) será 1,693 m^2.

Tabla 5.4
Coeficiente eólico en planos y diedros exentos



Angulo de incidencia del viento α	Coeficiente eólico en: Planos exentos. Se calcularán los efectos más desfavorables con α ± 10°		Diedros exentos. Se calculará cada elemento en los casos más desfavorables			
			Caso I		Caso II	
	En el borde a barlovento c_1	En el borde a sotavento c_2	En el plano a barlovento c_3	En el plano a sotavento c_4	En el plano a barlovento c_3	En el plano a sotavento c_4
90° a 60°	1,2	1,2	1,2	0	0,8	0,4
50°	1,4	1,0	1,2	0	0,6	0,6
40°	1,6	0,8	1,2	0	0,4	0,8
30°	1,6	0,8	1,2	0	0,4	0,8
20°	1,2	0,4	1,0	0	0,2	0,8
10°	0,8	0	0,8	0	0	0,8
0°	0	0	0	0	0	0

Valores intermedios pueden interpolarse linealmente.

Tabla 20 Coeficiente eólico en planos exentos según NBE-AE-88

Para el caso de estudio, se escogen los coeficientes correspondientes a 60° y planos exentos.

- **Influencia de la esbeltez**

Se aplicará el factor eólico de esbeltez k que corresponda a la esbeltez media de sus barras.

Tabla 5.5
Factor eólico de esbeltez

Esbeltez: $\frac{h}{b}$ si $h>b$; $\frac{b}{h}$ si $b>h$	1 a 5	10	60 o mayor
Factor eólico de esbeltez k	1	1,25	1,50

Valores intermedios pueden interpolarse linealmente.

Tabla 21 Factor eólico de esbeltez según NBE-AE-88

8.6.3. Túnel de viento

Dado que las fuerzas del viento en las estructuras externas y las estructuras interiores no son las mismas, debido a los efectos de apantallamiento, se tomarán diferentes coeficientes de forma de la prueba del túnel de viento anteriormente descrita en el apartado 6.

Dichos coeficientes de viento quedan definidos en la siguiente tabla:

	Seguidor		Estructura Fija	
	Presión	succión	Presión	succión
Mesas exteriores	1	1	1	1
Mesas interiores	0,8	0,6	0,9	0,8

Tabla 22 Coeficientes de reducción - Túnel de viento

8.6.4. Resultados

En base a todo lo expuesto en los anteriores apartados, los resultados de las presiones de viento con las que se dimensionan las estructuras se pueden ver en las siguientes tablas:

		Zona	Área (m)	Presión Estática (kN/m2)		
					exteriores	interiores
LA RIOJA	SEGUIDOR-TRABAJO	Toda la superficie	-	presión	0,6352	0,5082
				succión	0,6352	0,3811
	SEGUIDOR-DEFENSA	Zona A	A	presión	0,3842	0,3074
				succión	-0,4611	-0,2766
		Zona B	B=3x2	presión	1,3832	1,1066
				succión	-0,9990	-0,5994
		Zona C	C=0,2x24	presión	0,8453	0,6763
				succión	-1,0759	-0,6455
	ESTR. FIJA	Zona A	A	presión	1,9959	1,5967
				succión	-2,7216	-1,6330
		Zona B	B=1,5x4	presión	2,9031	2,3225
				succión	-3,4474	-2,0684
		Zona C	C=0,4x12	presión	2,1773	1,7418
				succión	-3,2659	-1,9596

Tabla 23 Presiones de viento en La Rioja

		Zona	Área (m)	Presión Estática (kN/m2)		
					exteriores	interiores
ANDALUCÍA	SEGUIDOR-TRABAJO	Toda la superficie	-	presión	0,6352	0,5082
				succión	0,6352	0,3811
	SEGUIDOR-DEFENSA	Zona A	A	presión	0,3563	0,3207
				succión	-0,4276	-0,3420
		Zona B	B=3x2	presión	1,2827	1,1544
				succión	-0,9264	-0,7411
		Zona C	C=0,2x24	presión	0,7839	0,7055
				succión	-0,9976	-0,7981
	ESTR. FIJA	Zona A	A	presión	1,8508	1,6657
				succión	-2,5238	-2,0190
		Zona B	B=1,5x4	presión	2,6920	2,4228
				succión	-3,1968	-2,5574
		Zona C	C=0,4x12	presión	2,0190	1,8171
				succión	-3,0285	-2,4228

Tabla 24 Presiones de viento en Andalucía

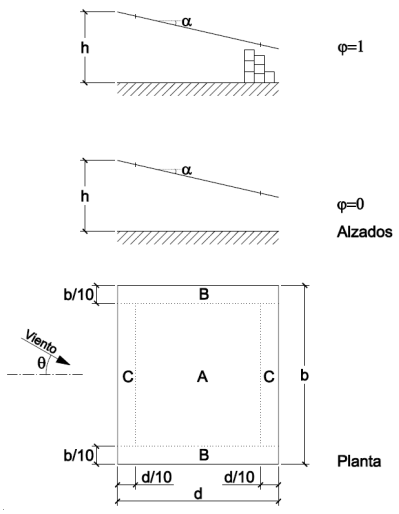


Ilustración 52 Marquesinas a un agua

Como se puede observar en las tablas de presiones de viento, las diferencias de presión estática en ambas comunidades autónomas son mínimas debido a que la velocidad básica del viento únicamente varía un m/s entre ambas situaciones geográficas.

8.7. Cargas de nieve

En estructuras ligeras, sensibles a carga vertical como son las del caso de estudio, los valores se obtienen como se indica a continuación.

El valor de la sobrecarga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal se toma de la siguiente fórmula:

$$q_n = \mu \times s_k$$

- **μ: coeficiente de forma de la cubierta**.

El valor de dicho coeficiente se halla según las siguientes indicaciones:

En faldones en los que no hay impedimento al deslizamiento de la nieve, como es el caso que ocupa, el coeficiente de forma tiene el valor de 1 para cubiertas con inclinación menor o igual que 30° y 0 para cubiertas con inclinación de mayor o igual que 60°.

- **s_k: valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal**

El valor de la sobrecarga de nieve sobre un terreno horizontal en las capitales de provincia y ciudades autónomas se puede tomar de la siguiente tabla:

Capital	Altitud m	s_k kN/m^2	Capital	Altitud m	s_k kN/m^2	Capital	Altitud m	s_k kN/m^2
Albacete	690	0,6	Guadalajara	680	0,6	Pontevedra	0	0,3
Alicante / *Alacant*	0	0,2	Huelva	0	0,2	Salamanca	780	0,5
Almería	0	0,2	Huesca	470	0,7	SanSebas-	0	0,3
Ávila	1.130	1,0	Jaén	570	0,4	tián/*Donostia*	0	0,3
Badajoz	180	0,2	León	820	1,2	Santander	1.000	0,7
Barcelona	0	0,4	Lérida / *Lleida*	150	0,5	Segovia	10	0,2
Bilbao / *Bilbo*	0	0,3	Logroño	380	0,6	Sevilla	1.090	0,9
Burgos	860	0,6	Lugo	470	0,7	Soria	0	0,4
Cáceres	440	0,4	Madrid	660	0,6	Tarragona	0	0,2
Cádiz	0	0,2	Málaga	0	0,2	Tenerife	950	0,9
Castellón	0	0,2	Murcia	40	0,2	Teruel	550	0,5
Ciudad Real	640	0,6	Orense / *Ourense*	130	0,4	Toledo	0	0,2
Córdoba	100	0,2	Oviedo	230	0,5	Valencia/*València*	690	0,4
Coruña / *A Coruña*	0	0,3	Palencia	740	0,4	Valladolid	520	0,7
Cuenca	1.010	1,0	Palma de Mallorca	0	0,2	Vitoria / *Gasteiz*	650	0,4
Gerona / *Girona*	70	0,4	Palmas, Las	0	0,2	Zamora	210	0,5
Granada	690	0,5	Pamplona/*Iruña*	450	0,7	Zaragoza	0	0,2
						Ceuta y Melilla		

Tabla 25 Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas

8.7.1. Resultados

Teniendo en cuenta lo anteriormente citado, los resultados de la sobrecarga de nieve con los que se dimensionan la estructuras se pueden ver en la siguiente tabla:

	LA RIOJA			ANDALUCÍA		
	TRACKER (DEFENSA)	TRACKER (TRABAJO)	ESTR. FIJA	TRACKER (DEFENSA)	TRACKER (TRABAJO)	ESTR. FIJA
Carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal (q_n= μ · s_k) (kN/m2)	**0,6**	**0**	**0,6**	**0,2**	**0**	**0,2**
Coeficiente de forma de la cubierta μ	1	0	1	1	0	1
Valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal s_k (kN/m2)	0,6	0,6	0,6	0,2	0,2	0,2

Tabla 26 Sobrecarga de nieve

8.8. Cargas de sismo

Debido a la latitud y a la altitud de la ubicación de las parcelas escogidas, la carga de sismo es nula. Por tanto, no se considera esta carga para ninguna de las estructuras estudiadas en este proyecto.

8.9. Combinaciones de carga

- **Nombres de las hipótesis**
  - PP: Peso propio
  - Vp: Viento a presión
  - Vs: Viento a succión
  - Nieve

- **E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones**

Comb.	PP	Vp	Vs	Nieve
1	1.000			
2	1.600			
3	1.000	1.600		
4	1.600	1.600		
5	1.000		1.600	
6	1.600		1.600	
7	1.000			1.600
8	1.600			1.600
9	1.000	0.960		1.600
10	1.600	0.960		1.600
11	1.000		0.960	1.600
12	1.600		0.960	1.600
13	1.000	1.600		0.800
14	1.600	1.600		0.800
15	1.000		1.600	0.800
16	1.600		1.600	0.800

Tabla 27 E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones

- **E.L.U. de rotura. Acero conformado**

Comb.	PP	Vp	Vs	Nieve
1	0.800			
2	1.350			
3	0.800	1.500		
4	1.350	1.500		
5	0.800		1.500	
6	1.350		1.500	
7	0.800			1.500
8	1.350			1.500
9	0.800	0.900		1.500
10	1.350	0.900		1.500
11	0.800		0.900	1.500
12	1.350		0.900	1.500
13	0.800	1.500		0.750
14	1.350	1.500		0.750
15	0.800		1.500	0.750
16	1.350		1.500	0.750

Tabla 28 E.L.U. de rotura. Acero conformado

8.10. Uniones atornilladas

Las uniones de ambas estructuras se realizarán mediante el uso de tornillería. Los tornillos, tuercas y arandelas cumplirán lo dispuesto en la DB-SE-A del C.T.E. en cuanto a calidades y tolerancia. A la hora de realizar uniones atornilladas, las superficies de las piezas en contacto deberán estar perfectamente limpias de suciedad, herrumbre o grasa. Las tuercas se apretarán con el par nominal correspondiente.

Si fuese necesaria la realización en obra de cualquier trabajo mecánico sobre la estructura (taladros, cortes, etc.), los daños que pudiesen producirse en el galvanizado deberán ser reparados mediante la aplicación de pintura tipo epoxi o similar rica en zinc

8.10.1. Estructura fija

8.10.1.1. Poste – montante

Esta unión se realiza con la ayuda de una chapa frontal soldada al pilar en taller. De esta forma, en obra, la única operación a realizar será la de apretar los cuatro tornillos de métrica 12 después de colocar el montante encima del poste.

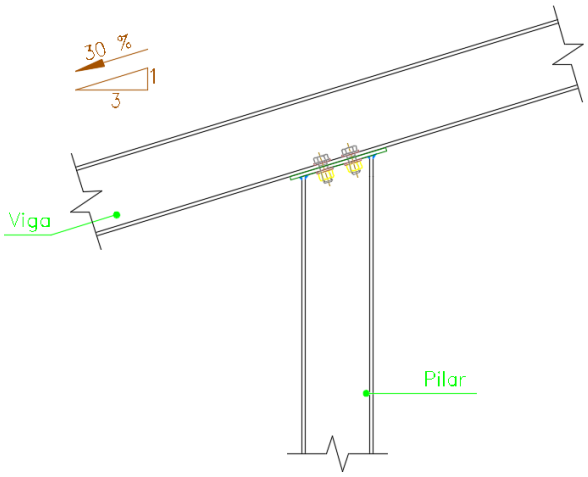
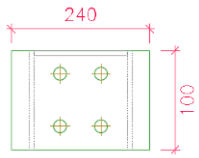


Ilustración 53 Unión poste – montante

A continuación, se describe de manera más detallada los componentes de la unión:

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Chapa frontal: Pilar		100	240	5	4	13	S275	275,0	410,0

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (MPa)	f_u (MPa)

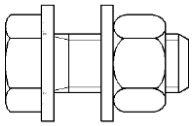
Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
ISO 4017-M12x30-8.8 ISO 4032-M12-8 2 ISO 7089-12-200 HV					M12	30	8.8	640,0	800,0

Tabla 29 Componentes necesarios para la unión poste - montante

Justificación de los tornillos de sujeción necesarios

La justificación de los elementos utilizados para esta unión, se pueden ver en el apartado 4 del Anexo 1 - Comprobación estructural-Estructura fija.

Dicha comprobación se ha realizado con la ayuda de CYPE, gracias al módulo CYPE-Conect.

8.10.1.2. Montante – correa

Con el fin de facilitar el montaje en obra, la unión entre estas dos piezas se hará mediante una escuadra igus (modelo SHT-WS-20). Con esta pieza se consigue una unión óptima ya que logra rigidizar la estructura de manera notable, hasta el punto de considerarse una unión empotrada. Además, así se evita la necesidad de utilizar uniones soldadas, que son más costosas.

Ilustración 54 Escuadra igus; modelo SHT-WS-20

Se puede ver la ficha técnica y las medidas en el Anexo 3 – Catálogos.

Para atornillar esta pieza al montante y a la correa, se utilizarán 2 tornillos de métrica 8 como se puede observar en la siguiente imagen.

Ilustración 55 Unión atornillada montante - correa con escuadra igus

Justificación de los tornillos de sujeción necesarios. Hipótesis a cortadura

El caso más desfavorable en el caso de la estructura fija es el del viento a succión. Como se puede ver en la *Tabla23: Presiones de viento en La Rioja*, el mayor empuje de viento es de 344 kg/m^2. Para estar del lado de la seguridad, se trabaja con los coeficientes de las mesas exteriores.

Esta carga de 344 kg/m^2, la recibe cada una de las correas en forma de carga lineal, y a su vez, ésta se transmite como una carga puntual de 689 kgf a los nudos de unión entre correas y montantes, tal como se puede ver en la siguiente imagen:

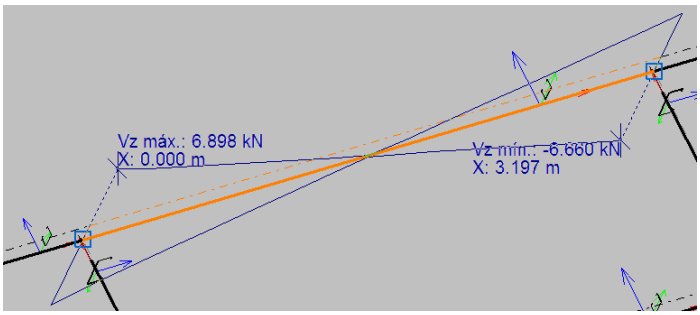


Ilustración 56 Carga puntual Vz en la unión correa – montante

Cada unión está formada por dos tornillos M8, por tanto, se asume que cada tornillo debe soportar la mitad de esta carga (344 kgf).

Por lo tanto, teniendo en cuanta que el tornillo roscado de acero de métrica 8 tiene una sección eficaz de 0,452 cm2, su capacidad portante a compresión es de:

Tensión soportada = 344 kg / 0,452 cm2 = 761 kg/cm^2

Valor muy inferior a los 2.600 kg/cm^2 que soporta el acero. Luego si se dispone de dos tornillos para esta unión, se justifica que es válido.

8.10.1.3. Tirante – poste y tirante – montante

Esta unión, tal como se puede ver en la siguiente imagen, se realizará mediante dos tornillos de métrica 10 (uno en cada extremo del tirante).

Ilustración 57 Unión atornillada tirante - poste y tirante – montante

Justificación de los tornillos de sujeción necesarios. Hipótesis a cortadura

El caso más desfavorable en el caso de la estructura fija es el del viento a succión. Al igual que en la comprobación de la unión anterior, el mayor empuje de viento es de 344 kg/m^2.

Esta carga de 344 kg/m^2, la recibe cada una de las correas en forma de carga lineal, y a su vez, ésta se transmite como una carga puntual de 1222 kgf a los nudos de unión entre tirantes y montantes, tal como se puede ver en la siguiente imagen:

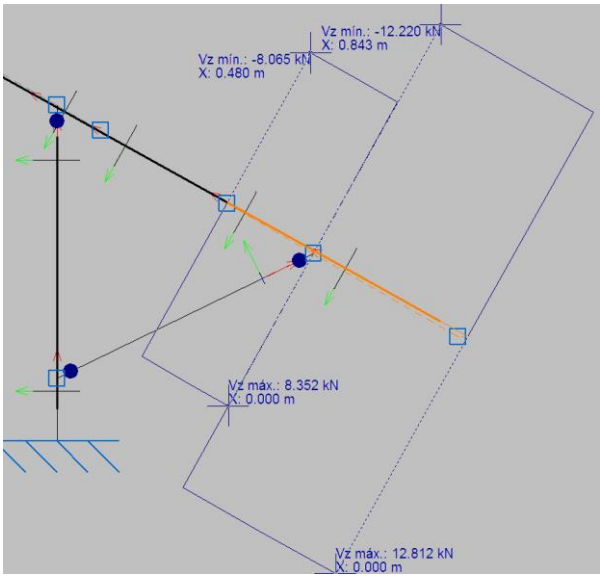


Ilustración 58 Carga puntual Vz en la unión tirante - montante

Cada unión está formada por dos tornillos M10, por tanto, se asume que cada tornillo debe soportar la mitad de esta carga (611 kgf).

Por lo tanto, teniendo en cuanta que el tornillo roscado de acero de métrica 10 tiene una sección eficaz de 0,7088 cm2, su capacidad portante a compresión es de:

Tensión soportada = 611 kg / 0,7088 cm2 = 861,99 kg/cm2

Valor muy inferior a los 2.600 kg/cm2 que soporta el acero. Luego si se dispone de dos tornillos para esta unión, se justifica que es válido.

8.10.1.4. Montaje de los módulos

Los módulos se fijarán mediante orificios de montaje en el marco posterior del módulo a través de la fijación del módulo con pernos a las guías de soporte. Los detalles de la unión se pueden ver en la siguiente figura:

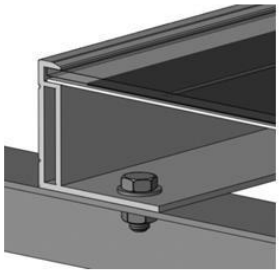


Ilustración 59 Detalles del montaje de los módulos

El marco de cada módulo tiene cuatro orificios de montaje de ϕ9*12 mm especialmente situados para optimizar la capacidad de carga, que sirven para asegurar los módulos a la estructura de soporte.

Todas las piezas en contacto con el marco deben utilizar arandelas planas de acero inoxidable con un espesor mínimo de 1,8 mm y un diámetro externo de 20 a 24 mm.

Por tanto, las piezas fundamentales necesarias para acoplar el módulo a la estructura metálica son las siguientes (Cuatro de cada una de ellas por panel):

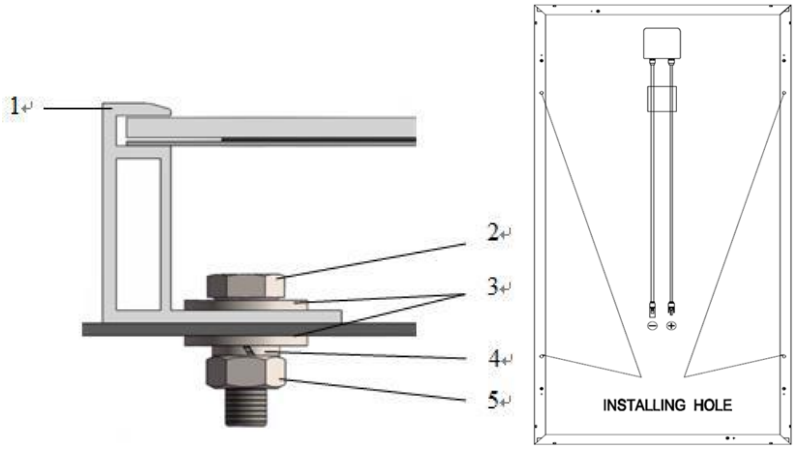


Ilustración 60 Piezas necesarias para acoplar el módulo a la estructura fija

1) Marco de aluminio

2) Perno de acero inoxidable M8

3) Arandela plana inoxidable

4) Arandela de muelle inoxidable

5) Tuerca hexagonal inoxidable

6) Orificio de instalación

No es necesaria la comprobación de los pernos de métrica 8 utilizados, ya que es lo que indica el fabricante de los módulos fotovoltaicos en el manual de instalación, que se puede ver en el Anexo 3 – Catálogos.

8.10.2. Seguidor

8.10.2.1. Poste – soporte del rodamiento

Para realizar la unión del poste con el tubo de torque, es necesaria la utilización de rodamientos, ya que el seguidor girará en función de la posición del sol.

El tubo de torque actuará como eje del rodamiento, y éste será soportado por el poste. La unión del rodamiento con el poste se realiza por medio de un soporte, que irá atornillado al poste con cuatro tornillos de métrica 12 como se puede ver en la siguiente imagen.

Ilustración 61 Unión del poste con el soporte del rodamiento. Fuente: NCLAVE GROUP

Justificación de los tornillos de sujeción necesarios.

Con la ayuda de CYPE, se obtienen los esfuerzos que recibe el rodamiento. La envolvente de estos esfuerzos se puede se puede observar en las siguientes imágenes (normal y cortante respectivamente)

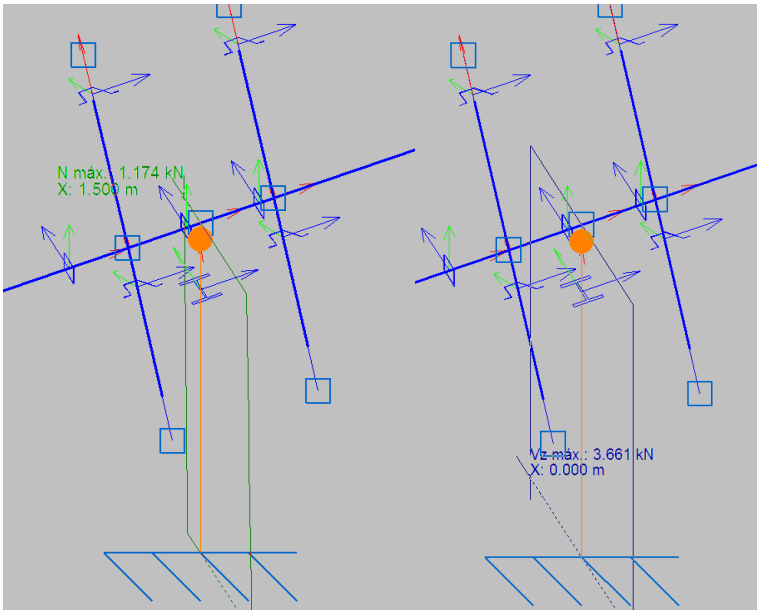


Ilustración 62 Envolvente de esfuerzos normales y cortantes en el punto de unión del rodamiento

Para calcular esta unión, hay que tener en cuenta que los esfuerzos que reciben los tornillos se transmiten desde el rodamiento, por tanto, se asume que el centro de esfuerzos cortantes está desplazado.

Por ello, se realiza el cálculo de la siguiente manera:

Primero se calcula el momento que ejerce el cortante en el punto medio de los cuatro tornillos que se van a utilizar en la unión:

$$M_{total} = 3{,}66\ kN \times 0{,}239\ m = 0{,}8747\ kNm$$

Ahora se calcula el centro instantáneo de rotación: Punto en el cual se anulan los momentos en la unión. Para calcular este punto, cabe mencionar que el número de centros es 4 (los cuatro tornillos).

$$X_{CIR} = \frac{\sum r_i^2}{n \times e} = \frac{4 \times \left(\left(\frac{75}{2}\right)^2 + \left(\frac{75}{2}\right)^2\right)}{4 \times 239} = 11{,}67mm$$

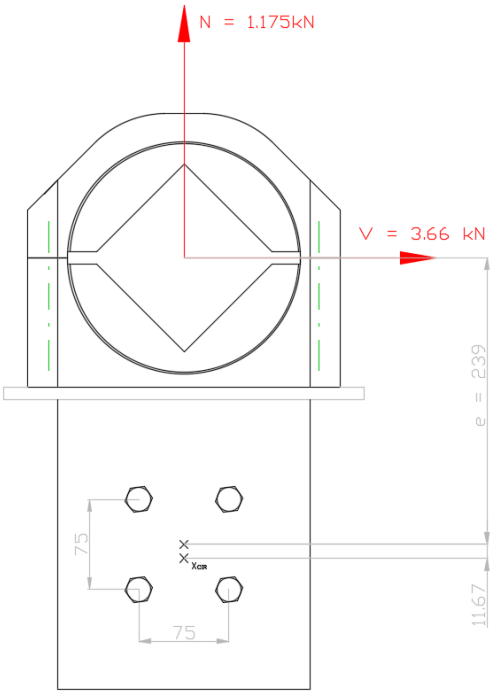


Ilustración 63 Plano unión del poste con el soporte del rodamiento

Una vez calculado el centro instantáneo de rotación, se obtiene la reacción en este punto:

$$R_{máx} = \frac{V \times e \times r_1}{\sum r_i^2} = \frac{3{,}66 \times 239 \times \sqrt{((75 + 11{,}67)^2 + 75^2)}}{4 \times \left(\left(\frac{75}{2}\right)^2 + \left(\frac{75}{2}\right)^2\right)} = 8{,}91\ kN$$

Con el esfuerzo cortante existente en el CIR calculado, se obtiene la reacción total en este punto de la siguiente manera:

$$R_{TOTAL} = \sqrt{R_{máx}^2 + N^2} = \sqrt{8{,}91^2 + 1{,}17^2} = 8.98\ kN = 898\ kgf$$

Cada unión está formada por cuatro tornillos M12, por tanto, se asume que cada tornillo debe soportar un cuarto de esta carga (898 kgf)

Por ello, teniendo en cuanta que el tornillo roscado de acero de métrica 12 tiene una sección eficaz de 0,84 cm2, su capacidad portante a compresión es de:

$$Tensión\ soportada = \frac{898}{4}\ kgf \Big/ 0{,}84\ cm^2 = 267{,}26\ kg/cm^2$$

Valor muy inferior a los 2.600 kg/cm2 que soporta el acero. Luego si se dispone de cuatro tornillos para esta unión, se justifica que es válido.

8.10.2.2. Elección del rodamiento

Se ha escogido el cojinete de pedestal sin lubricación para perfiles cuadrados de igus. Dicha elección es debida a las ventajas que presenta:

- Se monta y desmonta con facilidad
- Diseñado para cargas altas
- Peso ligero: 1,225 kg
- Compensación de errores de alineación
- Adaptación a terrenos complicados

Ilustración 64 Rodamiento para perfiles cuadrados igus

Las características del rodamiento escogido se pueden ver en la siguiente imagen:

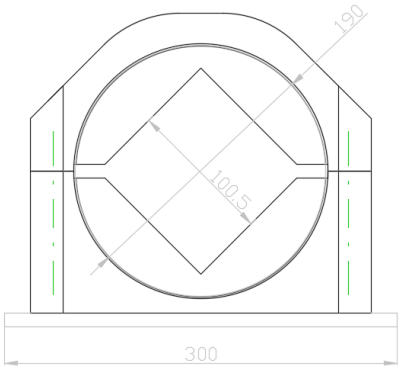


Ilustración 65 Dimensiones del rodamiento escogido

8.10.2.3. Correa – Tubo de torque

La unión de estas dos piezas se realiza mediante abarcones cuadrados galvanizados de la marca PASAI tal como se puede ver en las siguientes ilustraciones.

Ilustración 66 Unión atornillada correa - tubo de torque. Fuente: NCLAVE GROUP

Las dimensiones de esta abrazadera han de ajustarse a las medidas del tubo de torque, que tanto en el caso de las mesas exteriores, como en el de las mesas interiores, tiene 100 mm de lado. Por ello, las medidas de la abrazadera han de ser las siguientes:

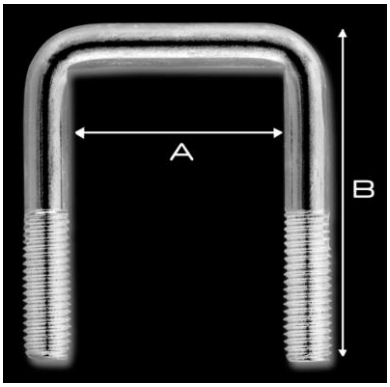


Ilustración 67 Abarcón cuadrado galvanizado PASAI

A (mm)	B (mm)
100	128

Este abarcón será de Métrica 8, y su longitud de rosca, será de 50 mm.

A demás, serán necesarias las siguientes piezas para aferrar la correa al tubo de torque:

- 2 arandelas planas inoxidables
- 2 tuercas hexagonales inoxidables
- Una chapa inoxidable de 100 x 10 mm

8.10.2.4. Montaje de los módulos

Los módulos se fijarán al eje de giro a través de las correas mediante pernos.

El marco de cada módulo tiene cuatro orificios de montaje de ϕ7*10 mm con una ubicación específica tal como se muestra en la figura 68.

Se sujetará el módulo en cada punto de fijación mediante un perno M6, dos arandelas planas, una arandela de resorte y una tuerca, tal como se muestra en la figura 68.

Todas las piezas en contacto con el marco deben utilizar arandelas planas de acero inoxidable con un espesor mínimo de 1,5 mm y un diámetro externo de 16 a 20 mm.

El perno debe ser de acero inoxidable o de otro material resistente a la corrosión.

Por tanto, las piezas fundamentales necesarias para acoplar el módulo seguidor a un eje son las siguientes (Cuatro de cada una de ellas por panel):

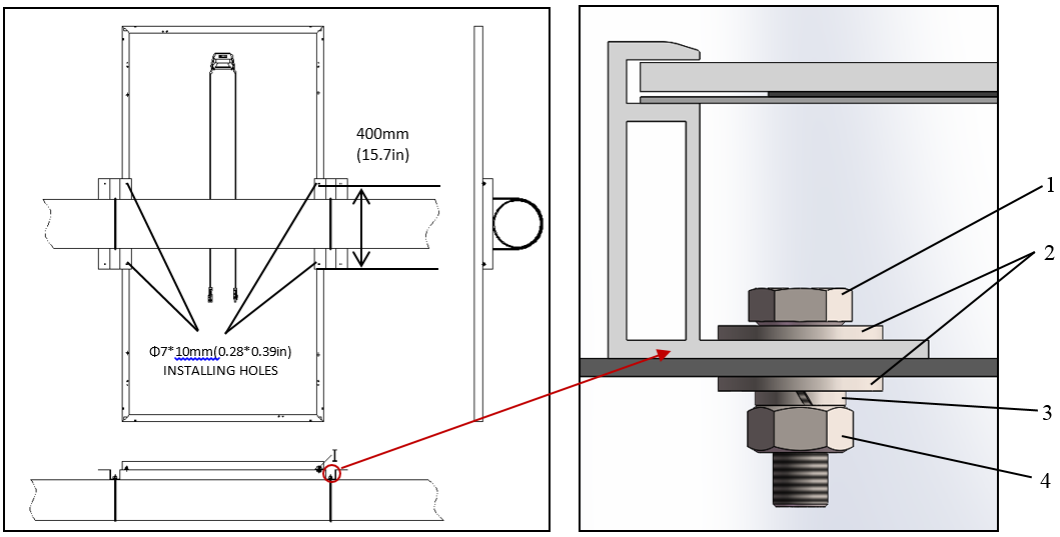


Ilustración 68 Piezas necesarias para acoplar el módulo al seguidor

1) Perno de acero inoxidable M6

2) Arandela plana inoxidable

3) Arandela de muelle inoxidable

4) Tuerca hexagonal inoxidable

No es necesaria la comprobación de los pernos de métrica 8 utilizados, ya que es lo que indica el fabricante de los módulos fotovoltaicos en el manual de instalación, que se puede ver en el Anexo 3 – Catálogos.

8.11. Conclusiones

El cálculo se realizó de acuerdo con el siguiente código: Acero conformado: CTE DB SE-A.

De acuerdo con la información presentada en este apartado, **las estructuras propuestas, tanto para seguidor, como para estructura fija, son capaces de resistir la carga de diseño durante la vida útil del proyecto** (tanto en La Rioja como en Andalucía).

8.11.1. Listado de piezas necesarias para la estructura fija

En las siguientes tablas se exponen la cantidad total de cada una de las piezas necesarias para la alternativa de la estructura fija en función de si son mesas exteriores o interiores:

MESAS INTERIORES			
PIEZAS/MESA	TIPO DE PERFIL	Nº PIEZAS/MESA	Nº PIEZAS TOTAL
Poste	CF-225x2,5	5	3.400
Tirante	CF-60x2,0	5	3.400
Montante	CF-225x2,5	5	3.400
Correa	CF-140x2,0	4	2.720

Tabla 30 Listado de las piezas necesarias para la instalación de las mesas interiores de la estructura fija

MESAS EXTERIORES			
PIEZAS/MESA	TIPO DE PERFIL	Nº PIEZAS/MESA	Nº PIEZAS TOTAL
Poste	CF-225x3	5	2.040
Tirante	CF-60x2,0	5	2.040
Montante	CF-225x3	5	2.040
Correa	CF-120x2,5	4	1.632

Tabla 31 Listado de las piezas necesarias para la instalación de las mesas exteriores de la estructura fija

El cuenteo de la tornillería se hace de manera unificada en mesas exteriores e interiores debido a que se usan el mismo tipo de tornillos, tuercas, arandelas, etc.

TORNILLERÍA			
UNIÓN	TIPO DE TORNILLERÍA	Nº PIEZAS/MESA	Nº PIEZAS TOTAL
Poste – montante	chapa frontal del pilar	5	5.440
	Tornillo M12x30	20	21.760
	Tuerca M12	20	21.760
	Arandela M12	40	43.520
Montante – correa	escuadra igus (modelo SHT-WS-20)	20	21.760
	Tornillo M8x14	40	43.520
	Tuerca M8	40	43.520
	Arandela M8	80	87.040
Tirante – poste y tirante – montante	Tornillo M10x16	10	10.880
	Tuerca M10	10	10.880
	Arandela M10	20	21.760
Montaje de los módulos	Tornillo M8x10	120	130.560
	Tuerca M8	120	130.560
	Arandela M8	240	261.120
	Arandela de muelle inoxidable	120	130.560

Tabla 32 Listado de las piezas de tornillería necesarias para la instalación de la estructura fija

Todos los tornillos son de la serie DIN-933 con calidad 8.8 y cincados para protegeros de la oxidación y de la corrosión. Se utilizarán tornillos de cabeza hexagonal con todo rosca.

Igualmente, para las tuercas se utilizará la serie DIN-934 de calidad 8.8 y cincada.

Para el caso de las arandelas, éstas serán planas de la serie DIN-127 y también serán cincadas.

El catálogo de estas piezas de tornillería se puede ver en el Anexo 3 – Catálogos.

8.11.2. Listado de piezas necesarias para el seguidor

En las siguientes tablas se exponen la cantidad total de cada una de las piezas necesarias para la alternativa del seguidor en función de si son mesas exteriores o interiores:

MESAS EINTERIORES			
PIEZAS/MESA	TIPO DE PERFIL	Nº PIEZAS/MESA	Nº PIEZAS TOTAL
Poste Motor	HE 100 B	1	352
Poste estándar	# 75x8,59	10	3.520
Tubo de transmisión	# 100x6,07	1	352
Correas	G 110x50x25x134x1,6	62	21.824

Tabla 33 Listado de las piezas necesarias para la instalación de las mesas interiores del seguidor

MESAS EXTERIORES			
PIEZAS/MESA	TIPO DE PERFIL	Nº PIEZAS/MESA	Nº PIEZAS TOTAL
Poste Motor	HE 100 B	1	192
Poste estándar	# 100 x 8,96	10	1.920
Tubo de transmisión	# 75x6,60	1	192
Correas	G 110x50x25x134x1,6	62	11.904

Tabla 34 Listado de las piezas necesarias para la instalación de las mesas exteriores del seguidor

El cuenteo de la tornillería se hace de manera unificada en mesas exteriores e interiores debido a que se usan el mismo tipo de tornillos, tuercas, arandelas, etc.

TORNILLERÍA			
UNIÓN	TIPO DE TORNILLERÍA	Nº PIEZAS/MESA	Nº PIEZAS TOTAL
Soporte Rodamiento - Poste	Soporte Rodamiento	11	5.984
	Tornillo M12x16	44	23.936
	Tuerca M12	44	23.936
	Arandela M12	88	47.872
Correa - tubo de torque	abarcón cuadrado galvanizado PASAI M8	62	33.728
	Tuerca M8	124	67.456
	Arandela M8	124	67.456
	chapa inoxidable de 100 x 10 mm	62	33.728
Montaje de los módulos	Tornillo M6x10	240	130.560
	Tuerca M6	240	130.560
	Arandela M6	480	261.120
	Arandela de muelle inoxidable	240	130.560

Tabla 35 Listado de las piezas de tornillería necesarias para la instalación del seguidor

Además, serán necesarios 11 rodamientos por cada mesa instalada. Como ya se ha explicado en apartados anteriores, será un rodamiento para perfiles cuadrados. El número total de rodamientos necesarios será de 5984.

Al igual que en el diseño de la estructura fija, todos los tornillos son de la serie DIN-933 con calidad 8.8 y cincados para protegeros de la oxidación y de la corrosión. Se utilizarán tornillos de cabeza hexagonal con rosca completa.

Igualmente, para las tuercas se utilizará la serie DIN-934 de calidad 8.8 y cincada.

Para el caso de las arandelas, éstas serán planas de la serie DIN-127 y también serán cincadas.

El catálogo de estas piezas de tornillería se puede ver en el Anexo 3 – Catálogos.

9. Cimentación

Es habitual el uso de hincado directo o pre-hincado (pre-drilling) + hincado para este tipo de instalaciones, pero para ello sería necesario realizar un estudio geotécnico del terreno.

En este caso, por especificaciones del proyecto se ha decidido utilizar zapatas de hormigón dado que el terreno tiene poca capacidad portante.

La cimentación se ha calculado con la ayuda del módulo Zapatas del programa CYPE 3D. Tanto para el caso de la estructura fija, como para el caso del seguidor, se han dimensionado cimentaciones realizadas de hormigón en masa. Se ha barajado también la opción de utilizar zapatas rígidas de hormigón armado, pero se descarta esta opción ya que no se consigue reducir la cantidad de hormigón utilizado, y, por tanto, supondría un sobrecoste innecesario.

Se utilizan, por tanto, zapatas de cimentación de hormigón en masa rectangular centrada, las cuales se realizan con hormigón HA-25. Yc = 1,5 fabricado en central y el cual se vierte desde un camión.

Ilustración 69 Zapata de cimentación de hormigón en masa rectangular centrada

Para darle la forma deseada al hormigón se utiliza un sistema de encofrado con paneles metálicos. El cual se monta antes de verter el hormigón y se desmonta una vez se ha fraguado el hormigón. Estos paneles son amortizables en 200 usos.

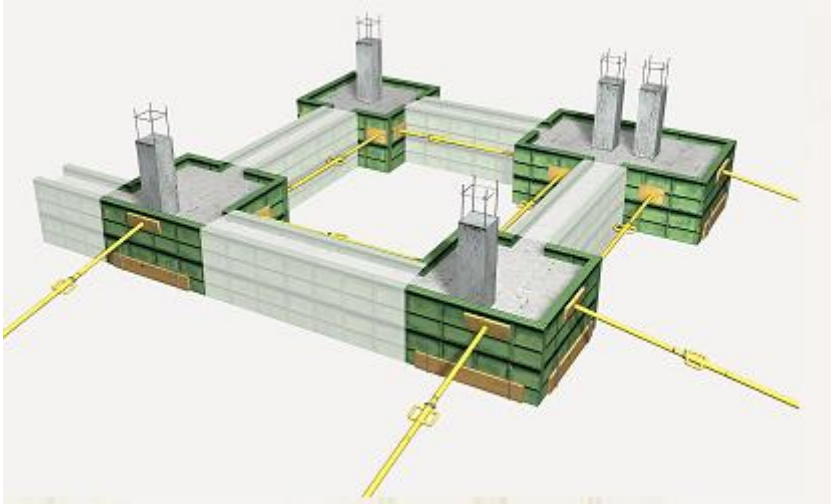


Ilustración 70 Sistema de encofrado (tipo metálico) para zapata de cimentación

9.1. Zapatas para la estructura fija

Con el fin de ahorrar hormigón, se distinguirán las zapatas de las mesas interiores y las zapatas de las mesas exteriores.

Como se puede ver en los planos, para cada zapata de las mesas de tipo exterior, es necesario utilizar $3{,}27\ m^3$ de hormigón en masa. Sin embargo, para las mesas de tipo interior, únicamente es necesario $1{,}94\ m^3$ de hormigón.

Por tanto, gracias a esta distinción, se consigue un ahorro de $6{,}65\ m^3$ de material por cada mesa interior existente, ya que cada mesa está compuesta de 5 postes.

La comprobación de las zapatas se puede observar en los apartados 2.2 y 3.2 del Anexo 1 - Comprobación estructural: Estructura Fija.

9.2. Zapatas para el seguidor

Al igual que ocurre con la estructura fija, se distinguirán las zapatas de las mesas interiores y las zapatas de las mesas exteriores con el propósito de ahorrar material.

En los planos, se puede observar que, para cada zapata de las mesas de tipo exterior, es necesario utilizar $0{,}972\ m^3$ de hormigón en masa. Sin embargo, para las mesas de tipo interior, únicamente es necesario $0{,}704\ m^3$ de hormigón.

Por tanto, gracias a esta distinción, se consigue un ahorro de $2{,}948\ m^3$ de material por cada mesa interior existente, ya que cada mesa está compuesta de 11 postes.

La comprobación de las zapatas se puede observar en los apartados 2.2 y 3.2 del Anexo 1 - Comprobación estructural: Estructura Fija.

9.3. Conclusiones cimentación

Se observa que las zapatas de la estructura fija son más grandes que las del seguidor. Para el mismo número de paneles por estructura, el volumen total necesario de hormigón es mucho mayor para la estructura fija.

Esto es debido a que el seguidor está diseñado para ir a defensa cuando el viento supera los 60 km/h, y, por tanto, no soporta tanta fuerza de succión, que es la más desfavorable para este tipo de estructuras, ya que la principal función de las zapatas es la de evitar que se vuelen las estructuras.

10. Estudio energético

La energía producida por una instalación fotovoltaica depende de tres factores principales: la irradiación solar recibida sobre el plano del generador fotovoltaico, la potencia pico instalada y el rendimiento de la instalación, en el que se reflejan las pérdidas asociadas a la instalación fotovoltaica.

10.1. Datos meteorológicos

En las siguientes tablas y figuras, obtenidas de la página web de PVGIS a partir del TMY, se pretende mostrar los datos meteorológicos más relevantes para la instalación. Se exponen los datos de los dos emplazamientos elegidos para llevarla a cabo.

Mes	TD (°C)	T24h (°C)
ene	7,9	6,2
feb	7,5	5,6
mar	11,2	9
abr	14,2	12,1
may	16,4	14,6
jun	20,4	18,5
jul	23,3	21,3
ago	24	21,8
sep	21,4	18,9
oct	17,6	15
nov	11,9	9,9
dic	8,4	6,4
Año	15,4	13,3

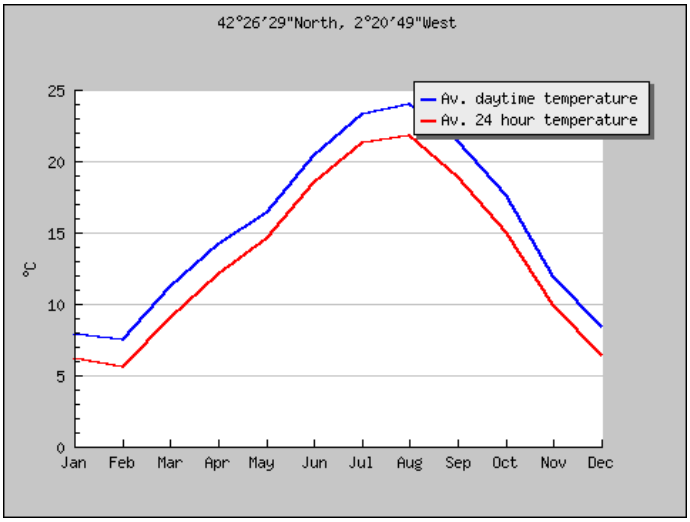


Tabla 36 Temperatura media diaria de Agoncillo. Fuente: PVGIS

Mes	TD (°C)	T24h (°C)
ene	12,6	10,5
feb	12,8	10,6
mar	16,1	13,7
abr	19,2	16,9
may	23,3	20,8
jun	27	24,6
jul	30	27,3
ago	30,5	27,7
sep	26,4	23,7
oct	22,4	19,7
nov	16,7	14,3
dic	13,8	11,3
Año	20,9	18,4

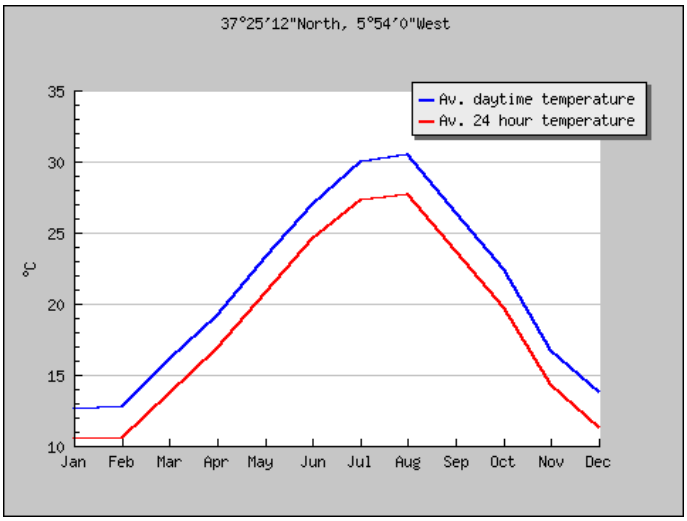


Tabla 37 Temperatura media diaria de Sevilla. Fuente: PVGIS

- TD: temperatura media durante el día (°C)
- T24h: promedio de temperatura de 24 horas (°C)

Se observa que la temperatura media diaria durante el día (horas de sol diarias) en Agoncillo es de 15,4 °C, mientras que, en Sevilla, es de 20,9 °C.

10.2. Recurso solar en el emplazamiento

Para calcular la producción anual media de la instalación, es necesario primero determinar cuál será la radiación solar incidente sobre los módulos fotovoltaicos.

Por norma general, las medidas de irradiación se toman en condiciones de orientación sur y posición horizontal. La instalación fotovoltaica proyectada tiene un ángulo azimut α = 0°, pues la orientación es sur.

La inclinación respecto al plano horizontal dependerá de si se trata del caso de la estructura fija (30°) o del caso del seguidor a un eje (± 60°).

En las siguientes tablas y figuras, obtenidas de la página web de PVGIS, se pretende mostrar las magnitudes solares más relevantes para el cálculo de la producción de energía de la instalación. Se exponen los datos de los dos emplazamientos elegidos para llevarla a cabo.

Mes	Hh	Hopt	Iopt
ene	1.730	2.900	63
feb	2.550	3.770	56
mar	4.120	5.220	44
abr	4.860	5.280	28
may	5.720	5.610	15
jun	6.630	6.200	9
jul	7.030	6.740	13
ago	6.050	6.400	24
sep	4.670	5.710	40
oct	3.140	4.430	52
nov	1.920	3.080	61
dic	1.540	2.740	66
Año	4.170	4.850	35

Tabla 38 Irradiación diaria media de cada mes en Agoncillo. Fuente: PVGIS

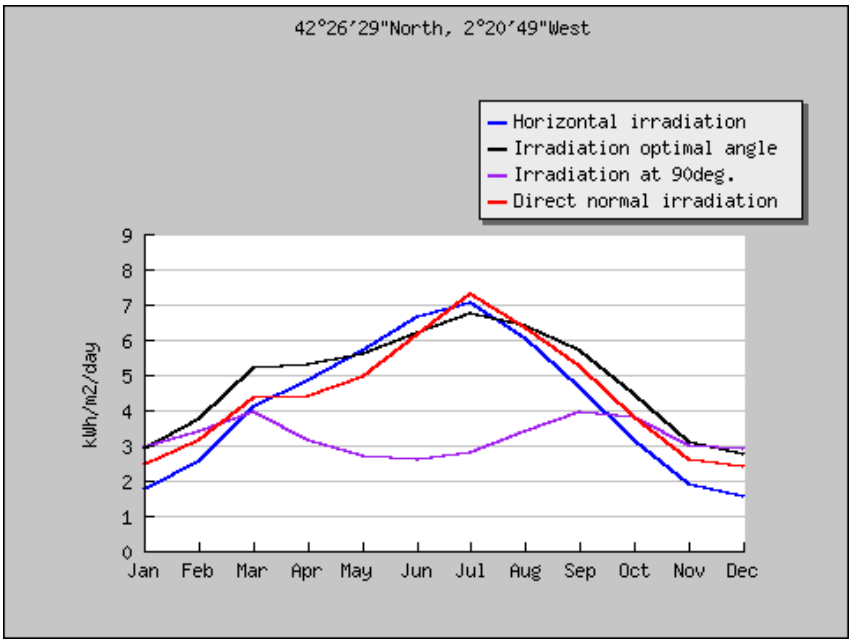


Ilustración 71Irradiación diaria media de cada mes en Agoncillo. Fuente: PVGIS

Mes	Hh	Hopt	Iopt (º)
ene	2.550	4.300	62
feb	3.550	5.270	55
mar	5.020	6.200	41
abr	5.910	6.290	27
may	7.070	6.710	12
jun	7.970	7.130	3
jul	8.140	7.460	6
ago	7.230	7.360	19
sep	5.470	6.460	36
oct	4.130	5.740	50
nov	2.870	4.710	60
dic	2.300	4.090	65
Año	5.200	5.980	34

Tabla 39 Irradiación diaria media de cada mes en Sevilla. Fuente: PVGIS

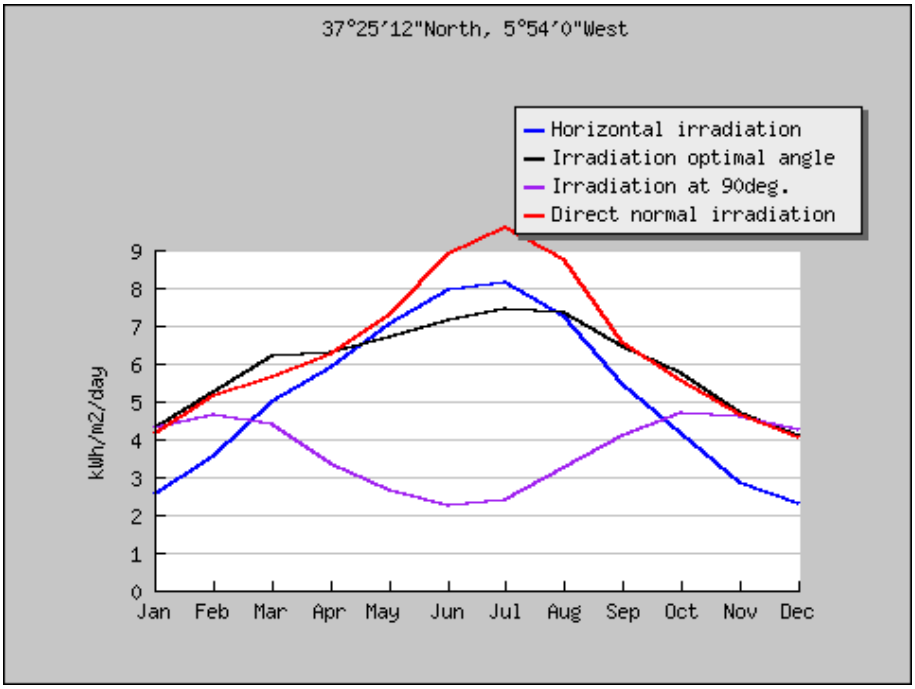
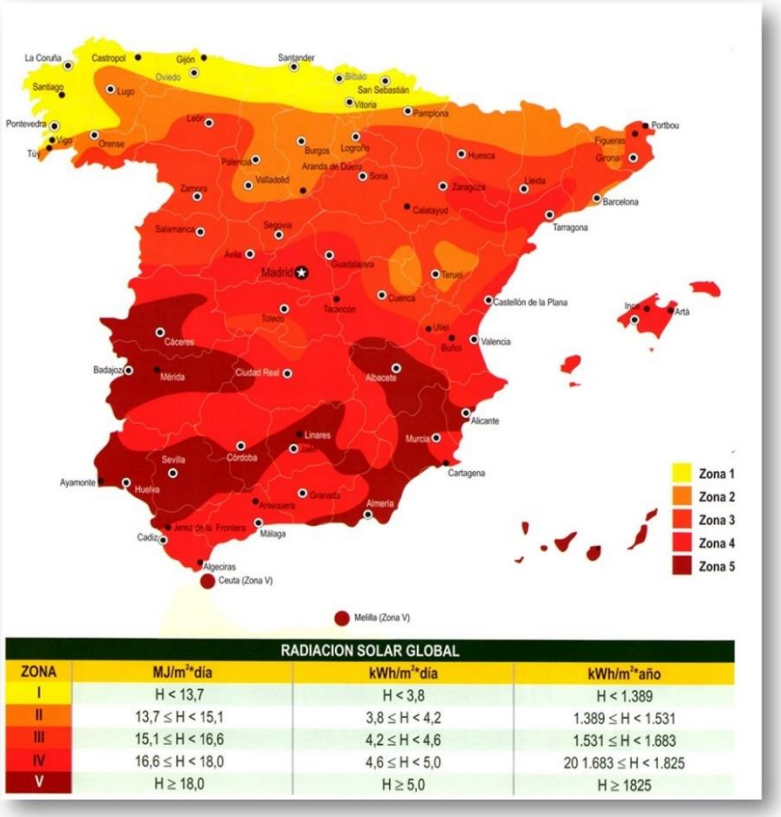


Ilustración 72 Irradiación diaria media de cada mes en Sevilla. Fuente: PVGIS

- Hh: Irradiación diaria (Wh/m²) con inclinación horizontal (0º)
- Hopt: Irradiación diaria (Wh/m²) en ángulo óptimo (seguidor)
- Iopt: Ángulo de inclinación óptimo (grados)

Así, la irradiación en un día medio de cada año, sobre superficie horizontal, en Agoncillo, es de 4,707kWh/m². En Sevilla, sin embargo, es de 5,200 kWh/m².

En la siguiente imagen, se puede observar el mapa de España de la irradiación en ángulo óptimo:



RADIACION SOLAR GLOBAL			
ZONA	MJ/m²día	kWh/m²día	kWh/m²año
I	H < 13,7	H < 3,8	H < 1.389
II	13,7 ≤ H < 15,1	3,8 ≤ H < 4,2	1.389 ≤ H < 1.531
III	15,1 ≤ H < 16,6	4,2 ≤ H < 4,6	1.531 ≤ H < 1.683
IV	16,6 ≤ H < 18,0	4,6 ≤ H < 5,0	20 1.683 ≤ H < 1.825
V	H ≥ 18,0	H ≥ 5,0	H ≥ 1825

Ilustración 73 Irradiación en ángulo óptimo en España.

10.3. Estimación de pérdidas

Al igual que en otros procesos de generación de potencia eléctrica, las pérdidas son un factor determinante a tener en cuenta para poder evaluar los rendimientos de los equipos.

En los siguientes apartados se explicarán de manera genérica las principales pérdidas a tener en cuenta para este estudio. En los apartados 10.5 y 10.6 de cálculo de producción de energía se mostrarán los valores de las pérdidas considerados.

10.3.1. Pérdidas por temperatura de la célula fotovoltaica

El rendimiento de los módulos fotovoltaicos disminuye con el incremento de la temperatura de trabajo a la que están sometidos. Estas pérdidas son del orden de un 4% por cada 10 °C de aumento de su temperatura de operación.

10.3.2. Pérdidas por suciedad de los módulos fotovoltaicos

Las pérdidas por suciedad o degradación de los módulos solares consisten en la disminución de la potencia recibida en el generador fotovoltaico debido a la deposición de polvo en la superficie de éste. La presencia de una suciedad uniforme da lugar a una disminución de la corriente y tensión entregada por el generador fotovoltaico. La presencia de suciedades localizadas (como excrementos de aves) da lugar a un aumento de pérdidas por formación de puntos calientes.

10.3.3. Pérdidas por orientación e inclinación del generador distinta de la óptima

La operación habitual de un módulo fotovoltaico ni la incidencia de la radiación es normal, ni el espectro es estándar durante todo el tiempo de operación. El que la radiación solar incida sobre

la superficie de un módulo FV con un ángulo diferente de 0° implica unas pérdidas adicionales (mayores pérdidas a mayores ángulos de incidencia).

10.3.4. Pérdidas eléctricas

La pérdida en el cableado de corriente alterna de la instalación serán, como máximo, del 2% mientras que en el cableado de corriente continua no deberán ser superiores al 1,5%.

10.3.5. Pérdidas en el inversor (eficiencia energética)

La transformación de energía no es perfecta, por lo que se producen pérdidas. Los inversores usados presentan rendimientos mayores del 96% y consumos nocturnos nulos.

10.4. Distancia entre series de módulos

La distancia entre diferentes filas de colectores será tal que garantice un mínimo de 4 horas de sol alrededor del solsticio de invierno.

Para ello utilizaremos la fórmula proporcionada en el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE), que establece una expresión sencilla para calcular la distancia mínima. Según éste, la distancia mínima deberá garantizar un mínimo de 4 horas de sol en torno al mediodía del solsticio de invierno.

La distancia mínima "d" deberá ser superior al valor obtenido por la siguiente expresión:

$$d = \frac{h}{tg\ (61° - latitud)}$$

Siendo:

h = la altura de la placa respecto a la horizontal

Φ = latitud del lugar

d = distancia mínima

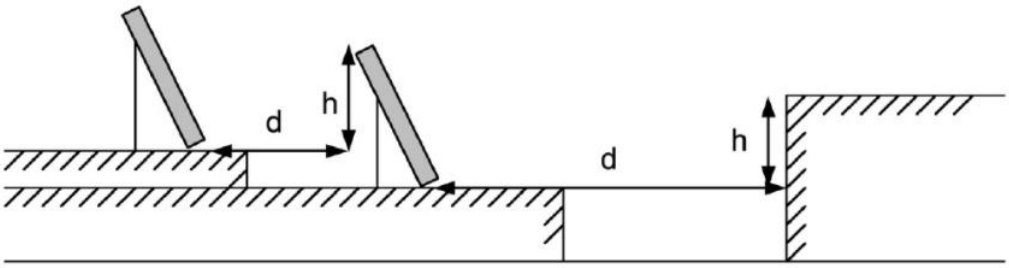


Ilustración 74 Distancia mínima entre mesas

La separación entre la parte posterior de una fila y el comienzo de la siguiente no será inferior a la obtenida por la expresión anterior, aplicando h a la diferencia de alturas entre la parte alta de una fila y la parte baja de la siguiente, efectuando todas las medidas de acuerdo con el plano que contiene a las bases de los módulos.

Se concluye, por tanto, que, para las distancias entre mesas propuestas en el apartado 8 de cálculo estructural, se garantiza un mínimo de 4 horas de sol en torno al mediodía del solsticio de invierno.

10.5. Cálculo de la producción de energía anual para estructura fija

Teniendo en cuenta todo lo planteado anteriormente en este apartado y los datos expuestos en la Tabla 40: configuración del parque solar fotovoltaico realiza una simulación en el programa PVSYST de la Universidad de Ginebra, con resultados muy fiables.

Configuración de la planta		
Número de inversores tipo 1	2	
Número de inversores tipo 2	8	
Número total de módulos	32.640	
Número total de series	1.088	
Potencia nominal en inversores	18.500	kW
Potencia nominal de la planta	10.500	kW
Potencia pico de la planta	11.424	kW

Tabla 40 Configuración del parque solar fotovoltaico

Los resultados de dicha simulación se pueden ver en las siguientes tablas.

	E_Grid MWh	PR
Enero	769,9	0,864
Febrero	963,1	0,861
Marzo	1431	0,844
Abril	1482,4	0,838
Mayo	1661,9	0,821
Junio	1745,4	0,803
Julio	1868,9	0,794
Agosto	1745,4	0,797
Septiembre	1469,8	0,808
Octubre	1090,4	0,833
Noviembre	783,6	0,854
Diciembre	658,7	0,861
Año	**15.669,7**	0,824

Tabla 41 Producción de electricidad anual esperada mediante la instalación fotovoltaica de posición fija en La Rioja

	E_Grid MWh	PR
Enero	1377,5	0,851
Febrero	1261,3	0,839
Marzo	1756,7	0,822
Abril	1822,8	0,814
Mayo	1972,6	0,796
Junio	1995,1	0,776
Julio	2136,1	0,764
Agosto	2080	0,767
Septiembre	1824,2	0,789
Octubre	1604,5	0,811
Noviembre	1442,3	0,835
Diciembre	1271,4	0,851
Año	**20544,5**	0,803

Tabla 42 Producción de electricidad anual esperada mediante la instalación fotovoltaica de posición fija en Sevilla

Donde,

E_Grid: Energía reinyectada en la red

PR: Factor de rendimiento (performance ratio)

En el anexo 4, se pueden ver los informes generados por PVSYST tras realizar las simulaciones de las que se han obtenido estos resultados.

Por tanto, como se puede observar en la tabla 41: *Producción de electricidad anual esperada mediante la instalación fotovoltaica de posición fija*, la producción de electricidad anual esperada mediante la instalación fotovoltaica de posición fija es de 15.669,7 MWh.

10.6. Cálculo de la producción de energía anual para seguidor a un eje

Al igual que en el apartado anterior, la estimación de la energía eléctrica producida por la instalación fotovoltaica se realiza de acuerdo con lo planteado anteriormente en este apartado y los datos expuestos en la Tabla 40: configuración del parque solar fotovoltaico.

Los resultados de la simulación en el programa PVSYST se pueden ver en las siguientes tablas.

	E_Grid (MWh)	PR
Enero	679,9	0,861
Febrero	921,9	0,864
Marzo	1.577,1	0,853
Abril	1.777,8	0,847
Mayo	2.287,1	0,831
Junio	2.403,2	0,812
Julio	2.612,6	0,804
Agosto	2.292	0,808
Septiembre	1.755,4	0,821
Octubre	1.111,7	0,839
Noviembre	690,1	0,851
Diciembre	546,4	0,852
Año	**18.655,2**	0,828

Tabla 43 Producción de electricidad anual esperada mediante la instalación fotovoltaica de seguidor en La Rioja.

	E_Grid (MWh)	PR
Enero	1215	0,823
Febrero	1227,7	0,814
Marzo	1945,8	0,803
Abril	2257,9	0,794
Mayo	2703,7	0,776
Junio	2803,6	0,758
Julio	3014,8	0,746
Agosto	2805	0,752
Septiembre	2126,8	0,771
Octubre	1634,7	0,791
Noviembre	1308,8	0,81
Diciembre	1078,9	0,818
Año	**24122,7**	0,779

Tabla 44 Producción de electricidad anual esperada mediante la instalación fotovoltaica de seguidor en Sevilla

Donde,

E_Grid: Energía reinyectada en la red

PR: Factor de rendimiento

En el anexo 4, se pueden ver los informes generados por PVSYST tras realizar las simulaciones de las que se han obtenido estos resultados.

Por tanto, como se puede observar en la tabla 43: *Producción de electricidad anual esperada mediante la instalación fotovoltaica de seguidor*, la producción de electricidad anual esperada mediante la instalación fotovoltaica de posición fija es de 18.655,2 MWh.

10.7. Comparación entre los dos sistemas evaluados

En este apartado del estudio energético se comparan los dos sistemas evaluados en los apartados anteriores (estructura fija y seguidor a un eje). Para ello, se utiliza el estudio de energía captada y posteriormente producida por los paneles solares de ambos sistemas que se ha realizado con el software PVSYST.

La radiación global horizontal será la misma para ambas opciones al estar situadas en la misma posición. Sin embargo, la radiación solar por unidad de superficie (la que incide sobre el plano receptor) captada mediante el sistema de paneles con inclinación fija es de 1.665,4 kWh/m2, mientras que la radiación captada por unidad de superficie por el sistema de seguidores a un eje es de 1.970,9 kWh/m2 (todo ello para la instalación del parque en La Rioja). Por tanto, mediante un sistema cuyos paneles tengan la posibilidad de ser inclinados en función de la posición del sol respecto a los módulos fotovoltaicos, captará mayor radiación solar.

En La Rioja, la energía producida por el sistema de paneles fijos es de 15.669,7 MWh/año, mientras que la energía producida por el sistema de dos posiciones es de 18.655,2 MWh/año. Por tanto, el sistema de dos inclinaciones de módulos solares es más eficiente ya que genera un 16% más de energía que el sistema de una sola inclinación.

De la misma manera, en Sevilla, la energía producida por el sistema de paneles fijos es de 20.544,5 MWh/año, mientras que la energía producida por el sistema de dos posiciones es de 24122,7 MWh/año. Lo que supone una generación de energía mayor para el caso de seguidores a un eje, en concreto, del 15%.

11. Análisis económico

Con el fin de hacer más amena y entendible la lectura de esta parte de la memoria, en este apartado, se estudiará la viabilidad económica de la instalación del parque fotovoltaico en La Rioja.

Al final del análisis económico, se expondrán también los datos obtenidos para la instalación del parque en Andalucía. Las tablas y los gráficos explicativos de la instalación correspondiente a Andalucía se pueden ver en el Anexo 6: Análisis económico – planta fotovoltaica ubicada en Sevilla.

Cabe recordar que se ha considerado que la estructura para la instalación del parque en ambas ubicaciones es similar, debido a que las cargas estructurales eran similares. Por tanto, la diferencia se encuentra en la producción eléctrica, debido a las diferentes situaciones de radiación solar. El coste de la inversión se considera el mismo en las dos ubicaciones.

11.1. Coste del EPC

Para estimar el coste del EPC, se han tomado como datos las siguientes variables:

- Presupuesto realizado de ambas estructuras (ver presupuesto desglosado en el Documento Presupuesto)

Estructura fija	*Importe (€)*
Módulos Fotovoltaicos	3.800.928
Inversores y Centros de Transformación	1.887.859
Acero S355	1.327.489
Tornillería	139.070
Cimentación	1.319.781
Cableado de Baja Tensión	97.974
Desbroce y limpieza del terreno.	77.557
Vallado	36.508
Material eléctrico	373.166
Total	**9.060.335**

Tabla 45 Presupuesto sin desglosar (estructura fija)

Seguidor	*Importe (€)*
Módulos Fotovoltaicos	3.800.928
Inversores y Centros de Transformación	1.887.859
Acero S355	1.146.020
Tornillería	271.306
Cimentación	475.390
Cableado de Baja Tensión	180.387
Motor de giro	33.728
Desbroce y limpieza del terreno.	118.642
Vallado	42.267
Material eléctrico	594.725
	8.551.254

Tabla 46 Presupuesto sin desglosar (seguidor)

- Coste del transporte de los materiales. Se estima este coste en 740.000€
- Coste de los seguros contratados: 78.000€
- Coste de la ingeniería: 650.000€

Por tanto, según el presupuesto realizado y los valores expuestos, el proyecto de instalación de la estructura fija asciende a un total sin IVA de 10.528.335,2 Euros. Teniendo en cuenta, además, que la potencia nominal instalada es de 10.500kW, la venta del EPC aportada al cliente es de 1,0026 €/Wp.

Sin embargo, en el caso de los seguidores, el proyecto asciende a 10.019.254 Euros. Siendo el coste del EPC de 0,954 €/Wp.

11.2. Generación eléctrica anual

En total el Parque FV inyectará a red un total de 15.669,7 MWh al AÑO CERO si se opta por la alternativa de estructura fija. Sin embargo, la opción de instalar seguidores supondría una inyección a la red de 18.655,2 MWh al AÑO CERO. Para conocer la inyección a red al final del año 1 será necesario descontarle el valor total de la degradación inicial máxima garantizada por el fabricante un 2,50%. Esta degradación inicial comprende dos factores:

- LID (Light Induced Degradation) Corresponde a la degradación o pérdida de rendimiento de un módulo la primera vez que se somete a una fuerte radiación solar. Este efecto tiene se ha contemplado en la Simulación con PVsyst.
- Degradación lineal: Todos los módulos sufren una pérdida de potencia continuada durante su vida útil. Los valores de degradación lineal parten que el primer año el módulo perderá un 1,20% de su potencia y anualmente decrecerá esta, a un gradiente de 0,70%/año. (valores no contemplados).

Una vez valorada la energía que el parque puede entregar a la red al año 1 se puede calcular la producción y los ingresos de este durante toda su vida útil.

11.2.1. Generación eléctrica anual (Estructura fija)

Para valorar económicamente el rendimiento del parque a continuación se calculará la energía total inyectada a la red año a año, aplicando las degradaciones de los módulos máximas marcadas por el fabricante.

Año	Rendimiento	Energía (MWh)	Energía (kWh)
0	98,70%	15.669,70	15.669.700,00
1	97,50%	15.277,96	15.277.957,50
2	96,80%	15.168,27	15.168.269,60
3	96,10%	15.058,58	15.058.581,70
4	95,40%	14.948,89	14.948.893,80
5	94,70%	14.839,21	14.839.205,90
6	94,00%	14.729,52	14.729.518,00
7	93,30%	14.619,83	14.619.830,10
8	92,60%	14.510,14	14.510.142,20
9	91,90%	14.400,45	14.400.454,30
10	91,20%	14.290,77	14.290.766,40
11	90,50%	14.181,08	14.181.078,50
12	89,80%	14.071,39	14.071.390,60

13	89,10%	13.961,70	13.961.702,70
14	88,40%	13.852,01	13.852.014,80
15	87,70%	13.742,33	13.742.326,90
16	87,00%	13.632,64	13.632.639,00
17	86,30%	13.522,95	13.522.951,10
18	85,60%	13.413,26	13.413.263,20
19	84,90%	13.303,58	13.303.575,30
20	84,20%	13.193,89	13.193.887,40
21	83,50%	13.084,20	13.084.199,50
22	82,80%	12.974,51	12.974.511,60
23	82,10%	12.864,82	12.864.823,70
24	81,40%	12.755,14	12.755.135,80
25	80,70%	12.645,45	12.645.447,90

Tabla 47 Producción mínima generada (estructura fija)

11.2.2. Generación eléctrica anual (seguidor)

Para el caso de los seguidores, la producción anual queda de la siguiente manera.

Año	Rendimiento	Energía (MWh)	Energía (kWh)
0	98,70%	18.655,20	18.655.200,00
1	97,50%	18.188,82	18.188.820,00
2	96,80%	18.058,23	18.058.233,60
3	96,10%	17.927,65	17.927.647,20
4	95,40%	17.797,06	17.797.060,80
5	94,70%	17.666,47	17.666.474,40
6	94,00%	17.535,89	17.535.888,00
7	93,30%	17.405,30	17.405.301,60
8	92,60%	17.274,72	17.274.715,20
9	91,90%	17.144,13	17.144.128,80
10	91,20%	17.013,54	17.013.542,40
11	90,50%	16.882,96	16.882.956,00
12	89,80%	16.752,37	16.752.369,60
13	89,10%	16.621,78	16.621.783,20
14	88,40%	16.491,20	16.491.196,80
15	87,70%	16.360,61	16.360.610,40
16	87,00%	16.230,02	16.230.024,00
17	86,30%	16.099,44	16.099.437,60
18	85,60%	15.968,85	15.968.851,20
19	84,90%	15.838,26	15.838.264,80
20	84,20%	15.707,68	15.707.678,40
21	83,50%	15.577,09	15.577.092,00
22	82,80%	15.446,51	15.446.505,60
23	82,10%	15.315,92	15.315.919,20
24	81,40%	15.185,33	15.185.332,80
25	80,70%	15.054,75	15.054.746,40

Tabla 48 Producción mínima generada (seguidor)

11.3. Operación y mantenimiento

Conocida la energía anual inyectada a la red del sistema solar fotovoltaico y su coste de implantación será necesario valorar el coste de operaciones y mantenimiento anual del sistema.

El mantenimiento de un parque fotovoltaico es vital para cumplir las ratios de producción esperados. Será necesario principalmente realizar una limpieza de módulos anual para evitar excesos de suciedad, un desbroce anual a fin de evitar la proliferación de vegetación que pueda provocar sombras sobre los módulos y un mantenimiento preventivo de los elementos eléctricos para que no se produzcan paradas inesperadas de los inversores. Simplificando el cálculo un presupuesto aproximado del coste de mantenimiento correspondería a:

- Limpieza de módulos:
  - 4 operarios a 17,5€/hora (Precio CYPE)
  - 25 días
  - Jornadas de 8 horas
  - Alquiler máquinas y Agua a 200€/día
    - **19.000 Euros/año**
- Desbroce de terreno
  - 5 operarios a 17,5€/hora (Precio CYPE)
  - 25 días
  - Jornadas de 8 horas
  - 2 Desbrozadoras 75€/día
    - **19.375 Euros/año**
- Mantenimiento Preventivo
  - 2 electricistas a 32€/hora (Precio CYPE)
  - 1 revisión por trimestre
  - 10 horas/revisión
  - Desplazamiento 80€/revisión
    - **2.880 Euros/año**

TOTAL: 41.175 Euros/año.

11.4. Rentabilidad del proyecto

11.4.1. Análisis del retorno de la inversión

Una vez conocidos todos los costes y la energía mínima producida, será necesario estimar el coste de venta de energía aplicable para un parque fotovoltaico de estas condiciones.

La evolución del IPC energético desde 2014 a 2018 ha sufrido un crecimiento continuado del 2,3% según la siguiente bibliografía:

http://www.efe.com/efe/espana/economia/la-caida-de-los-precios-energeticos-frena-subida-del-ipc-al-2-3-enmarzo/10003-3223214

A su vez se estima un crecimiento del IPC general del 2.1% anual según estadísticas del INE.

http://www.ine.es/varipc/verVariaciones.do?idmesini=5&anyoini=2017&idmesfin=5&anyofin=2018&ntipo=1&enviar=Calcular

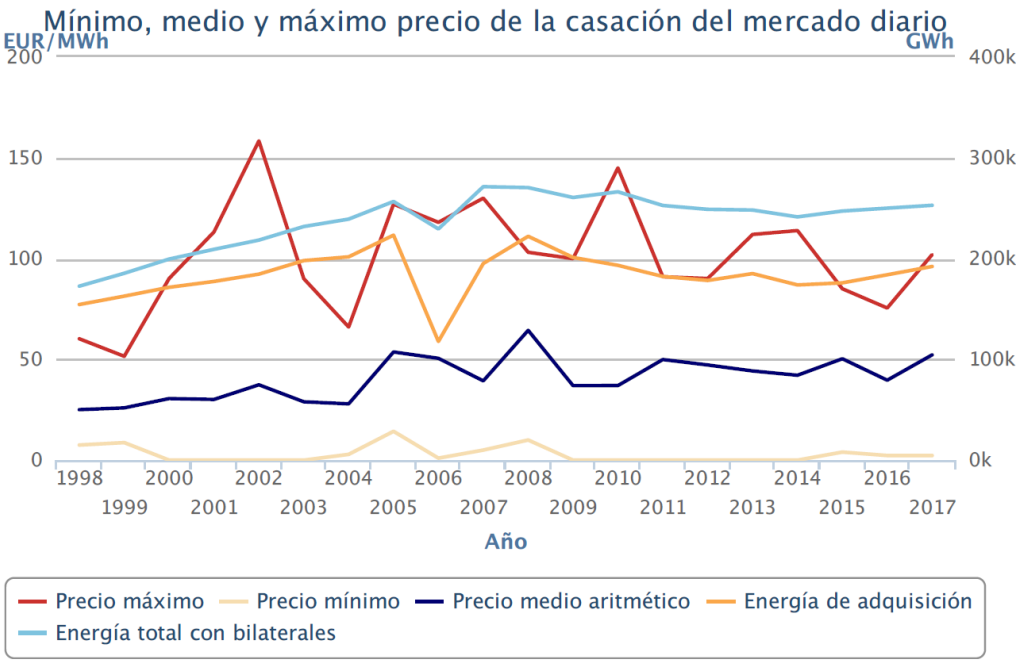


Ilustración 75 Precio de la energía en España

Los datos necesarios para llevar a cabo el análisis quedan resumidos en las siguientes tablas.

Valores Económico-Energéticos	
Producción Año 0 estructura fija (kWh)	15.669.700,00
Producción Año 0 seguidor (kWh)	18.655.200,00
Precio Energía 2018 (€/kWh)	0,04998
IPC Energético	2,30%

Tabla 49 Tablas Resumen de Datos Energético-económicos de Parque FV

Valores Económicos	
Coste del Sistema estructura fija (Euros)	10.528.335,20
Coste del Sistema seguidor (Euros)	10.019.254,30
Coste OPEX (Euros)	41.175,00
IPC Económico	2,10%

Tabla 50 Tablas Resumen de Datos Económicos de Parque FV

Conocidos todos los valores se extrae la tabla 9 mostrando la evolución año por año de los ingresos frente a los gastos:

Año	Producción Fotovoltaica (kWh) (1)	Precio promedio de la Energía (€/kWh) (2)	Ingresos por Venta (€) (3)	Coste Operación y Mantenimiento (€) (4)	Ingreso Neto (€) (5)	Balance Económico (€) (6)	Retorno de la Inversión (7)
0	15.669.700,00					-10.528.335,20	0
1	15.277.957,50	0,04998	763.592,32	-41.175,00	722.417,32	-9.805.917,88	0
2	15.168.269,60	0,05113	775.546,65	-42.039,68	733.506,97	-9.072.410,91	0
3	15.058.581,70	0,05231	787.646,94	-42.922,51	744.724,43	-8.327.686,48	0
4	14.948.893,80	0,05351	799.893,58	-43.823,88	756.069,70	-7.571.616,79	0
5	14.839.205,90	0,05474	812.286,90	-44.744,18	767.542,71	-6.804.074,07	0
6	14.729.518,00	0,05600	824.827,17	-45.683,81	779.143,36	-6.024.930,72	0

7	14.619.830,10	0,05729	837.514,59	-46.643,17	790.871,42	-5.234.059,30	0
8	14.510.142,20	0,05860	850.349,30	-47.622,68	802.726,62	-4.431.332,68	0
9	14.400.454,30	0,05995	863.331,36	-48.622,75	814.708,60	-3.616.624,08	0
10	14.290.766,40	0,06133	876.460,76	-49.643,83	826.816,93	-2.789.807,15	0
11	14.181.078,50	0,06274	889.737,41	-50.686,35	839.051,06	-1.950.756,10	0
12	14.071.390,60	0,06418	903.161,14	-51.750,76	851.410,37	-1.099.345,72	0
13	13.961.702,70	0,06566	916.731,69	-52.837,53	863.894,15	-235.451,57	0
14	13.852.014,80	0,06717	930.448,71	-53.947,12	876.501,59	641.050,02	1
15	13.742.326,90	0,06872	944.311,76	-55.080,01	889.231,75	1.530.281,77	1
16	13.632.639,00	0,07030	958.320,31	-56.236,69	902.083,62	2.432.365,39	1
17	13.522.951,10	0,07191	972.473,71	-57.417,66	915.056,05	3.347.421,44	1
18	13.413.263,20	0,07357	986.771,21	-58.623,43	928.147,78	4.275.569,23	1
19	13.303.575,30	0,07526	1.001.211,96	-59.854,52	941.357,44	5.216.926,67	1
20	13.193.887,40	0,07699	1.015.794,99	-61.111,47	954.683,52	6.171.610,19	1
21	13.084.199,50	0,07876	1.030.519,19	-62.394,81	968.124,38	7.139.734,57	1
22	12.974.511,60	0,08057	1.045.383,35	-63.705,10	981.678,25	8.121.412,82	1
23	12.864.823,70	0,08243	1.060.386,12	-65.042,91	995.343,21	9.116.756,03	1
24	12.755.135,80	0,08432	1.075.526,00	-66.408,81	1.009.117,19	10.125.873,23	1
25	12.645.447,90	0,08626	1.090.801,38	-67.803,39	1.022.997,99	11.148.871,21	1

Tabla 51 Análisis Económico del Parque FV instalando estructura fija

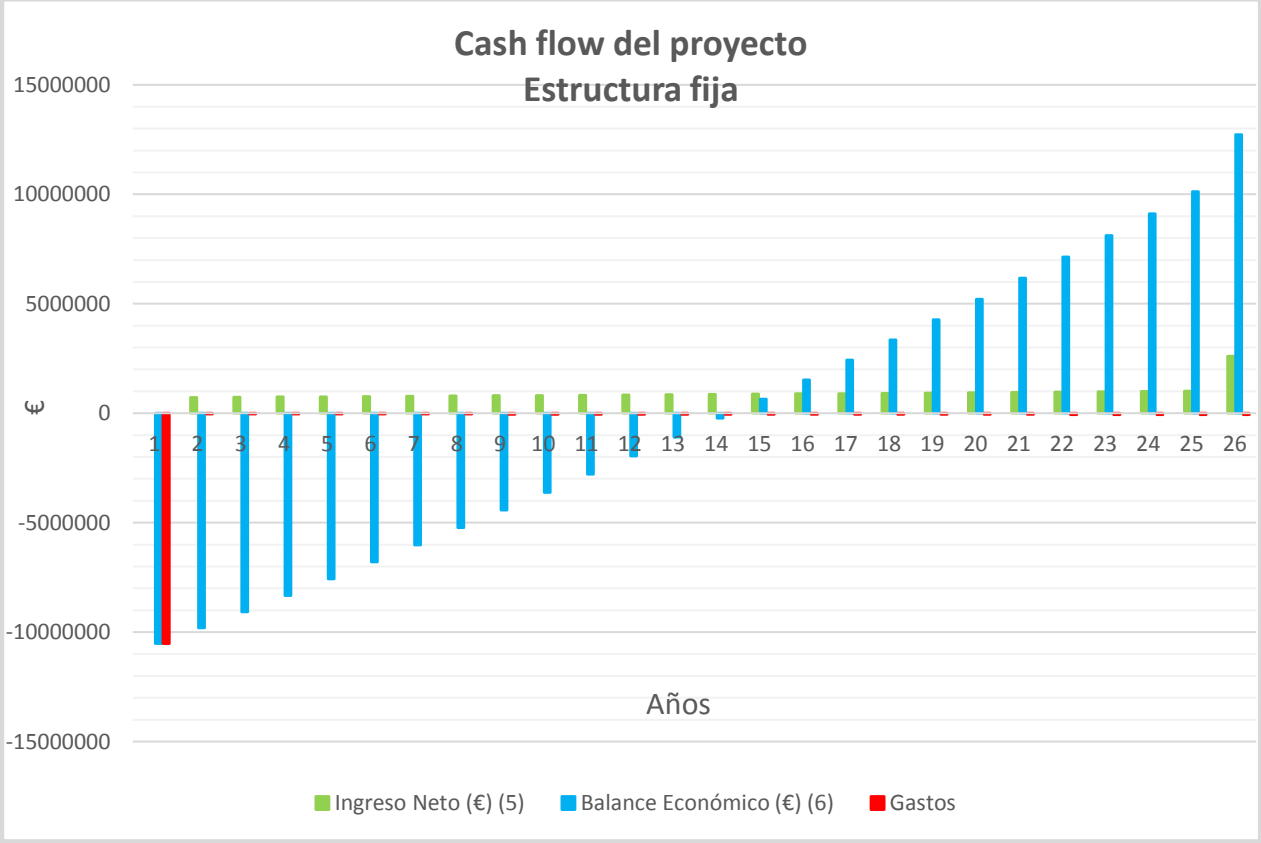


Tabla 52 Flujo de caja (estructura fija)

Tabla 53 Análisis Económico del Parque FV instalando seguidores a un eje

Año	Producción Fotovoltaica (kWh) (1)	Precio promedio de la Energía (€/kWh) (2)	Ingresos por Venta (€) (3)	Coste Operación y Mantenimiento (€) (4)	Ingreso Neto (€) (5)	Balance Económico (€) (6)	Retorno de la Inversión (7)
0	18.655.200,00					-10.019.254,30	0
1	18.188.820,00	0,04998	909.077,22	-41.175,00	867.902,22	-9.151.352,08	0
2	18.058.233,60	0,05113	923.309,18	-42.039,68	881.269,50	-8.270.082,57	0
3	17.927.647,20	0,05231	937.714,90	-42.922,51	894.792,39	-7.375.290,18	0
4	17.797.060,80	0,05351	952.294,85	-43.823,88	908.470,97	-6.466.819,21	0
5	17.666.474,40	0,05474	967.049,43	-44.744,18	922.305,25	-5.544.513,96	0
6	17.535.888,00	0,05600	981.978,96	-45.683,81	936.295,15	-4.608.218,81	0
7	17.405.301,60	0,05729	997.083,68	-46.643,17	950.440,51	-3.657.778,30	0
8	17.274.715,20	0,05860	1.012.363,75	-47.622,68	964.741,07	-2.693.037,23	0
9	17.144.128,80	0,05995	1.027.819,24	-48.622,75	979.196,49	-1.713.840,75	0
10	17.013.542,40	0,06133	1.043.450,14	-49.643,83	993.806,31	-720.034,43	0
11	16.882.956,00	0,06274	1.059.256,35	-50.686,35	1.008.570,00	288.535,57	1
12	16.752.369,60	0,06418	1.075.237,66	-51.750,76	1.023.486,90	1.312.022,47	1
13	16.621.783,20	0,06566	1.091.393,77	-52.837,53	1.038.556,24	2.350.578,71	1
14	16.491.196,80	0,06717	1.107.724,25	-53.947,12	1.053.777,13	3.404.355,84	1
15	16.360.610,40	0,06872	1.124.228,59	-55.080,01	1.069.148,58	4.473.504,42	1
16	16.230.024,00	0,07030	1.140.906,15	-56.236,69	1.084.669,46	5.558.173,88	1
17	16.099.437,60	0,07191	1.157.756,15	-57.417,66	1.100.338,49	6.658.512,37	1
18	15.968.851,20	0,07357	1.174.777,71	-58.623,43	1.116.154,28	7.774.666,65	1
19	15.838.264,80	0,07526	1.191.969,82	-59.854,52	1.132.115,29	8.906.781,95	1
20	15.707.678,40	0,07699	1.209.331,30	-61.111,47	1.148.219,83	10.055.001,78	1
21	15.577.092,00	0,07876	1.226.860,86	-62.394,81	1.164.466,05	11.219.467,83	1
22	15.446.505,60	0,08057	1.244.557,04	-63.705,10	1.180.851,94	12.400.319,78	1
23	15.315.919,20	0,08243	1.262.418,24	-65.042,91	1.197.375,33	13.597.695,11	1
24	15.185.332,80	0,08432	1.280.442,68	-66.408,81	1.214.033,87	14.811.728,98	1
25	15.054.746,40	0,08626	1.298.628,43	-67.803,39	1.230.825,03	16.042.554,01	1

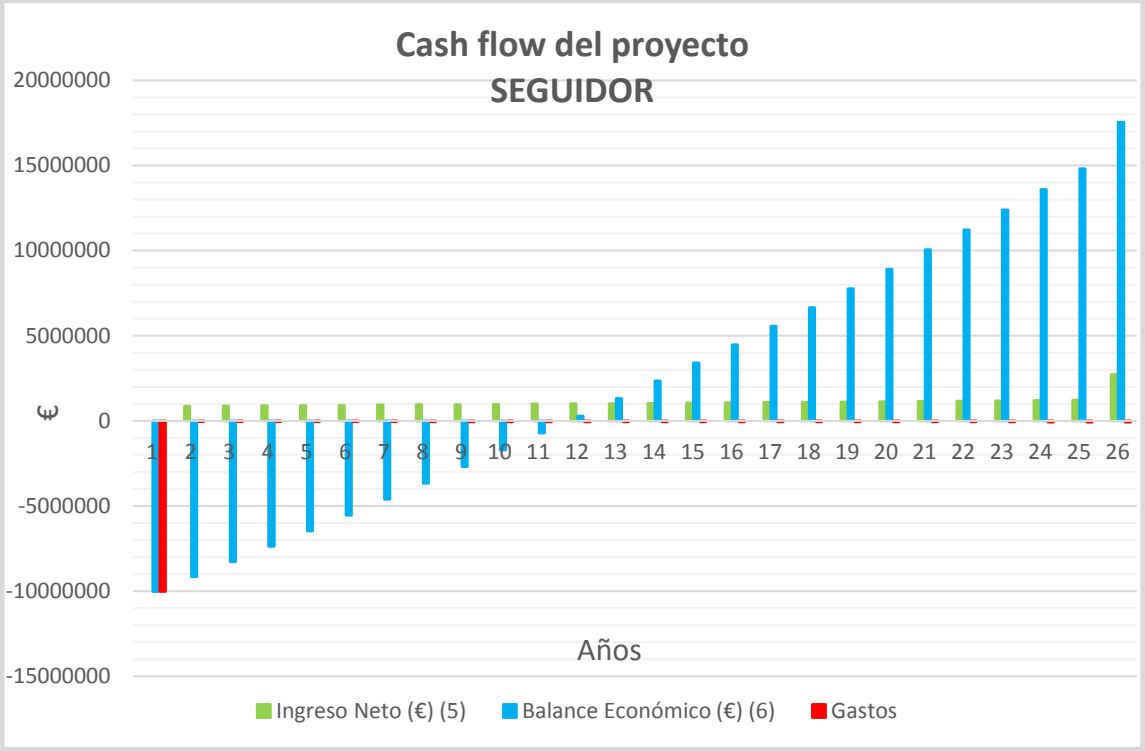


Tabla 54 Flujo de caja (seguidor)

Donde:

(1) Producción fotovoltaica extraída de las tablas de Producción mínima generada (Tablas 47 y 48)

(2) Precio de venta a pool energético de 2018 aplicado año a año un incremento del IPC energético del 2,3% según fuentes estatales.

(3) Ingresos por venta, producto de energía generada por precio del kWh.

(4) Costes de operación y mantenimiento extraído del capítulo X con la actualización de su valor mediante la aplicación anual de IPC general.

(5) Ingreso neto, variación entre ingreso por venta y coste de mantenimiento.

(6) Balance económico o cash flow. Una vez aplicado el coste de instalación (sin IVA) se refleja la amortización anual

(7) Retorno de la inversión ROI cálculo de la amortización completa de la instalación.

Tras el análisis de la evolución económica de los ingresos frente a gastos del parque fotovoltaico se extraen los siguientes datos remarcables:

- Retorno de la inversión para la estructura fija a los 14 años.
- Retorno de la inversión para el seguidor a los 11 años.

11.4.2. TIR

La tasa interna de rentabilidad es la tasa de descuento que igualaría el VAN a un valor de 0. Es otro marcador económico que nos da una idea de la rentabilidad del proyecto. Para que el proyecto pudiera interesar al inversor, el TIR obtenido debería ser mayor al tipo de interés nominal que dan los Bonos del Estado, tomados como la referencia "segura" para las inversiones, pues cabe esperar que éstos sean los activos con más seguridad de los mercados financieros.

$$VAN = \sum_{t=n}^{n} \frac{Ft}{(1+TIR)^t} - I$$

Donde,

Ft son los flujos de dinero en cada periodo t

I es la inversión realiza en el momento inicial (t = 0)

n es el número de periodos de tiempo

11.4.2.1. Estructura fija

Para el caso de la estructura fija, la inversión inicial es de -10.528.335,2 €, y el flujo de dinero de cada año, viene descrito en la siguiente tabla.

Año	Flujo de dinero (€)	Año	Flujo de dinero (€)
0	0	13	863.894,15
1	722.417,32	14	876.501,59
2	733.506,97	15	889.231,75
3	744.724,43	16	902.083,62
4	756.069,70	17	915.056,05
5	767.542,71	18	928.147,78
6	779.143,36	19	941.357,44
7	790.871,42	20	954.683,52
8	802.726,62	21	968.124,38
9	814.708,60	22	981.678,25
10	826.816,93	23	995.343,21
11	839.051,06	24	1.009.117,19
12	851.410,37	25	1.022.997,99

Tabla 55 Flujo de dinero (estructura fija)

Con estos datos, se puede calcular que el TIR para la alternativa de la estructura fija es el siguiente:

$$\boldsymbol{TIR = 6\,\%}$$

11.4.2.2. Seguidor

Así mismo, para el caso dl seguidor, la inversión inicial es de -10.019.254,30 €, y el flujo de dinero de cada año, viene descrito en la siguiente tabla.

Año	Flujo de dinero (€)	Año	Flujo de dinero (€)
0		13	1.038.556,24
1	867.902,22	14	1.053.777,13
2	881.269,50	15	1.069.148,58
3	894.792,39	16	1.084.669,46
4	908.470,97	17	1.100.338,49
5	922.305,25	18	1.116.154,28
6	936.295,15	19	1.132.115,29
7	950.440,51	20	1.148.219,83
8	964.741,07	21	1.164.466,05
9	979.196,49	22	1.180.851,94
10	993.806,31	23	1.197.375,33
11	1.008.570,00	24	1.214.033,87
12	1.023.486,90	25	1.230.825,03

Tabla 56 Flujo de dinero (seguidor)

Con estos datos, se puede calcular que el TIR para la alternativa de la estructura fija es el siguiente:

$$\boldsymbol{TIR = 9}\ \%$$

11.4.3. VAN

El VAN se define como la suma de los valores actualizados de todos los flujos netos de caja que se esperan en un proyecto, deducido el valor de la inversión inicial realizada. La idea es hacer un flujo de caja de los beneficios esperados del proyecto y actualizarlos a "dinero" presente mediante la aplicación de una tasa de descuento.

Cuando obtenemos un VAN positivo, el proyecto puede considerarse rentable, dado que cabría esperar beneficio. Cuanto mayor sea el valor del VAN, mejor. De todos modos, un valor positivo del VAN no quiere decir que la inversión sea interesante, simplemente significa que los ingresos superarán a los gastos y, por tanto, recuperaremos la inversión. Junto al VAN hay que valorar el riesgo que entraña el proyecto.

Para el cálculo de este valor, se fija una tasa de descuento del 6%. Dicho valor se ha escogido teniendo en cuenta el tipo de interés que ofrecen las "Obligaciones del Estado", que son títulos de deuda a muy largo plazo (algo que a priori se asemejaría a un proyecto como el aquí analizado, con una vida útil de 25 años).

Partiendo de los datos anteriormente expuestos, se calcula un VAN de **457.623,08** para el caso de la estructura fija, lo que indica que la inversión puede ser rentable, aunque conlleva un riesgo elevado.

Sin embargo, para el caso de seguidores a un eje, el VAN calculado es de **3.094.279,02,** que es un valor mucho más aceptable, que indica que el proyecto es rentable a largo plazo.

11.5. LCOE

El LCOE se define como el coste teórico de generar energía eléctrica, este término es muy importante para saber si estamos en paridad de red, incluye la inversión inicial, tasa de descuento, así como los costos de mantenimiento. La fórmula para analizarlo es la siguiente:

$$LCOE = \frac{I + \sum_{t=1}^{n} \times \frac{M}{(1+r)^r}}{\sum_{t=1}^{n} \times \frac{Egenerada}{(1+r)^r}}$$

Dónde:

I: Inversión inicial. Es el coste del proyecto.

M: Costes de operación y mantenimiento.

Egenerada: Energía generada durante la vida útil del sistema.

R: Tasa de descuento.

t: Vida útil de la planta (25 años).

El procedimiento consiste en calcular un valor teórico anual constante (AUD/kWh). Que, multiplicando cada año por la energía generada obtenemos los costes reales asociados a la generación. Esto se puede expresar de la siguiente manera:

$$Coste\ equivalente = \frac{LCOE * E1}{1+r} + \frac{LCOE * E2}{(1+r)^2} + \cdots + \frac{LCOE * E25}{(1+r)^{25}}$$

11.5.1. Resultados del LCOE

La fórmula del LCOE requiere la aplicación de una tasa de descuento para la actualización de los valores futuros obtenidos y expresarlos en una referencia del presente.

La tasa de descuento aplicada es subjetiva y de ella dependerá el LCOE. A efectos de este estudio, se ha considerado una **tasa de descuento del 6%.**

11.5.1.1. Estructura fija

Año	Gastos (€)	Gastos, r (€)	Producción Fotovoltaica (kWh)	Producción Fotovoltaica, r (kWh)
0	-10.528.335,20	-10.528.335,20	15.669.700,00	15.669.700,00
1	-41.175,00	-38.844,34	15.277.957,50	14.413.167,45
2	-42.039,68	-37.415,16	15.168.269,60	13.499.705,95
3	-42.922,51	-36.038,57	15.058.581,70	12.643.475,57
4	-43.823,88	-34.712,62	14.948.893,80	11.840.924,05
5	-44.744,18	-33.435,46	14.839.205,90	11.088.717,89
6	-45.683,81	-32.205,28	14.729.518,00	10.383.728,97
7	-46.643,17	-31.020,37	14.619.830,10	9.723.022,01
8	-47.622,68	-29.879,06	14.510.142,20	9.103.842,73
9	-48.622,75	-28.779,73	14.400.454,30	8.523.606,77
10	-49.643,83	-27.720,86	14.290.766,40	7.979.889,32
11	-50.686,35	-26.700,94	14.181.078,50	7.470.415,25

12	-51.750,76	-25.718,54	14.071.390,60	6.993.050,03
13	-52.837,53	-24.772,30	13.961.702,70	6.545.791,04
14	-53.947,12	-23.860,86	13.852.014,80	6.126.759,50
15	-55.080,01	-22.982,96	13.742.326,90	5.734.192,87
16	-56.236,69	-22.137,36	13.632.639,00	5.366.437,68
17	-57.417,66	-21.322,88	13.522.951,10	5.021.942,87
18	-58.623,43	-20.538,35	13.413.263,20	4.699.253,48
19	-59.854,52	-19.782,70	13.303.575,30	4.397.004,72
20	-61.111,47	-19.054,84	13.193.887,40	4.113.916,46
21	-62.394,81	-18.353,77	13.084.199,50	3.848.787,97
22	-63.705,10	-17.678,49	12.974.511,60	3.600.493,10
23	-65.042,91	-17.028,05	12.864.823,70	3.367.975,61
24	-66.408,81	-16.401,55	12.755.135,80	3.150.244,92
25	-67.803,39	-15.798,10	12.645.447,90	2.946.372,04
TOTAL		**11.170.518,34**		**198.252.418,26**

Tabla 57 Cálculo del LCOE (estructura fija)

$$\boldsymbol{LCOE} = \frac{I + \sum_{t=1}^{n} \times \frac{M}{(1+r)^r}}{\sum_{t=1}^{n} \times \frac{Egenerada}{(1+r)^r}} = \frac{11.170.518,34}{198.252.418,26} = \mathbf{0,053449}\ €/\boldsymbol{kWh}$$

11.5.1.2. Seguidor

Año	Gastos (€)	Gastos, r (€)	Producción Fotovoltaica (kWh)	Producción Fotovoltaica, r (kWh)
0	-10.019.254,30	-10.019.254,30	18.655.200,00	18.655.200,00
1	-41.175,00	-38.844,34	18.188.820,00	17.159.264,15
2	-42.039,68	-37.415,16	18.058.233,60	16.071.763,62
3	-42.922,51	-36.038,57	17.927.647,20	15.052.398,29
4	-43.823,88	-34.712,62	17.797.060,80	14.096.939,08
5	-44.744,18	-33.435,46	17.666.474,40	13.201.417,38
6	-45.683,81	-32.205,28	17.535.888,00	12.362.109,08
7	-46.643,17	-31.020,37	17.405.301,60	11.575.519,64
8	-47.622,68	-29.879,06	17.274.715,20	10.838.370,03
9	-48.622,75	-28.779,73	17.144.128,80	10.147.583,50
10	-49.643,83	-27.720,86	17.013.542,40	9.500.273,21
11	-50.686,35	-26.700,94	16.882.956,00	8.893.730,61
12	-51.750,76	-25.718,54	16.752.369,60	8.325.414,46
13	-52.837,53	-24.772,30	16.621.783,20	7.792.940,58
14	-53.947,12	-23.860,86	16.491.196,80	7.294.072,25
15	-55.080,01	-22.982,96	16.360.610,40	6.826.711,09
16	-56.236,69	-22.137,36	16.230.024,00	6.388.888,63
17	-57.417,66	-21.322,88	16.099.437,60	5.978.758,28
18	-58.623,43	-20.538,35	15.968.851,20	5.594.587,87
19	-59.854,52	-19.782,70	15.838.264,80	5.234.752,58
20	-61.111,47	-19.054,84	15.707.678,40	4.897.728,37

21	-62.394,81	-18.353,77	15.577.092,00	4.582.085,77
22	-63.705,10	-17.678,49	15.446.505,60	4.286.484,03
23	-65.042,91	-17.028,05	15.315.919,20	4.009.665,70
24	-66.408,81	-16.401,55	15.185.332,80	3.750.451,45
25	-67.803,39	-15.798,10	15.054.746,40	3.507.735,29
TOTAL		**10.661.437,44**		**236.024.844,97**

Tabla 58 Cálculo del LCOE (seguidor)

$$\boldsymbol{LCOE} = \frac{I + \sum_{t=1}^{n} \times \frac{M}{(1+r)^r}}{\sum_{t=1}^{n} \times \frac{Egenerada}{(1+r)^r}} = \frac{10.661.437,44}{236.024.844,97} = \mathbf{0,0451708}\ €/\boldsymbol{kWh}$$

11.6. Resultados del análisis económico

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos para la instalación del parque en las dos ubicaciones estudiadas.

Se pueden ver las tablas y los gráficos explicativos de la generación eléctrica anual, el análisis del retorno de la inversión, el cálculo del TIR y el VAN, y el cálculo del LCOE correspondientes al estudio del parque ubicado en Sevilla en el Anexo 6 - Análisis económico: planta fotovoltaica ubicada en Sevilla.

	La Rioja		Sevilla	
	Estructura Fija	Seguidor	Estructura Fija	Seguidor
Producción fotovoltaica en el año 0 (kW/h)	15.669.700,00	18.655.200,00	20.544.500,00	24.122.700,00
Retorno de la inversión	Año 14	Año 11	Año 11	Año 9
Balance económico en el año 25 (€)	12.728.121,49	17.545.442,16	19.887.410,51	25.575.189,57
TIR	6%	9%	9%	12%
VAN	457.623,08	3.094.279,02	3.960.633,16	7.023.200,75
LCOE (€/kWh)	0,056344929	0,045170827	0,042975401	0,03493269

Tabla 59 Resultados del análisis económico

11.7. Conclusiones del análisis económico

Tras analizar los resultados expuestos en los anteriores apartados, y como era de esperar, se llega a la conclusión de que la alternativa de instalación de seguidores a un eje es más aconsejable, lo cual era previsible, ya que se partía de que la inversión inicial era superior en el caso de la estructura fija, y, además, la producción anual de esta alternativa era menor.

Una vez analizados los datos, se comprueba que el periodo de retorno en el caso de los seguidores es tres años menor, además, el VAN tiene un valor positivo superior, y la TIR, supera en 3 puntos al de la estructura fija.

A su vez, se comprueba que LCOE (factor muy determinante a la hora de elegir la tecnología de generación de electricidad) de la alternativa de instalación de seguidores a une eje, es menor respecto al de la estructura fija.

12. Análisis del ciclo de vida

El ACV es una herramienta de diseño que investiga y evalúa los impactos ambientales de un producto o servicio durante todas las etapas de su existencia (extracción, producción, distribución, uso y desecho).

Una de sus principales aplicaciones es la comparación de diferentes productos con una misma función. Es por ello por lo que es muy adecuada la realización de un Análisis del Ciclo de Vida en este proyecto, ya que se pretende comparar dos tipos de estructuras que tienen un mismo propósito, el de producir energía a través de la radiación solar.

12.1. Objetivo del ACV en este proyecto

El objeto final del ACV en este proyecto es el de determinar cuál de las dos alternativas es la más ecológica. Para llegar a esta conclusión, se estudiará cuál es la que antes produce la energía que ha sido necesaria utilizar para su instalación.

En este apartado se analizarán los componentes estructurales de ambas estructuras, ya que tanto los módulos fotovoltaicos como los inversores serán similares en ambas alternativas.

Los componentes analizados de cada estructura son los siguientes:

- Estructura (kg Acero)
- Cimentación
- Cableado de baja tensión

El resto de los elementos de ambas estructuras no se han tenido en cuenta para la realización del ACV debido a la falta de datos reales y a que son similares en ambas alternativas.

12.2. Metodología

Para hacer el ACV de todos estos componentes, existen dos opciones a nuestro alcance: Realizar un estudio detallado con el software SimaPro o utilizar la base de datos que ofrece CYPE.

Para determinar cuál de las dos opciones es la más acertada, y cuál de ellas proporciona datos más exactos, se decide hacer una comparación.

Esta comparación consiste en analizar los resultados de kg equivalentes de CO2 y la energía final necesaria para producir un kg de perfil de acero. Se compararán los resultados de SimaPro con los de CYPE, y se decidirá cuál de las dos opciones es más asequible para el resto de los componentes que se quieren estudiar.

La metodología utilizada esta extraída íntegramente de las normas ISO 14040 e ISO 14044. En ellas se describen los procedimientos y pasos a seguir en la confección del Análisis del Ciclo de Vida.

Para el estudio de los materiales empleados se ha procedido a dividir su vida en cuatro etapas:

Etapa 1: Fabricación, donde se incluye la extracción de materias primas y el proceso de fabricación.

Etapa 2: Puesta en obra del material. En esta fase se analizan los recursos utilizados en el proceso de construcción.

Etapa 3: Vida útil, se estudian los recursos utilizados en la vida efectiva del material.

Etapa 4: Demolición y reciclado. Recursos utilizados al final de su vida útil, vertedero o reciclado.

En todas las etapas mencionadas anteriormente se han cuantificado una serie de parámetros importantes desde el punto de vista medioambiental, los más significativos son:

- Emisiones de dióxido de carbono
- Energía consumida en los procesos significativos

Posteriormente al cálculo, se hace una Evaluación del Impacto (EICV). El fin es convertir los datos obtenidos en unos resultados interpretables, siendo necesaria para ello la elección de unas categorías concretas. En este caso las categorías utilizadas son las siguientes:

- Impacto ambiental
- Uso de recursos (energía consumida)

12.3. Acero

Para llevar a cabo el cálculo con SimaPro, es necesario describir primero los datos de los que se disponen.

12.3.1. Composición del acero laminado

El acero se puede obtener a partir de dos materias primas fundamentales:

- El arrabio, obtenido a partir de mineral en instalaciones dotadas de horno alto (proceso integral).
- La chatarra (proceso no integral), dependiendo de su procedencia, la chatarra se puede clasificar en tres grandes grupos:
    - Chatarra reciclada
    - Chatarra de transformación
    - Chatarra de recuperación

12.3.2. Fabricación

El proceso de fabricación lo define el tipo de materia prima utilizada. Los dos posibles procesos para la fabricación del acero son, el integral y el no integral. En el primero se parte directamente de los minerales, según se extraen de la naturaleza, vía horno alto. En el segundo proceso, vía horno eléctrico, la materia prima está formada por diversas chatarras.

La obtención del acero pasa por la eliminación de las impurezas que se encuentran en el arrabio o en las chatarras, y por el control, dentro de unos límites especificados según el tipo de acero, de los contenidos de los elementos que influyen en sus propiedades.

Las reacciones químicas que se producen durante el proceso de fabricación del acero requieren temperaturas superiores a los 1000 ºC para poder eliminar las sustancias perjudiciales, bien en forma gaseosa o bien trasladándolas del baño a la escoria.

El proceso de fabricación se divide básicamente en dos fases: la fase de fusión y la fase de afino.

Las barras ya conformadas se depositan en una gran placa o lecho de enfriamiento, de donde es trasladado a las líneas de corte a medida y empaquetado, de donde pasa a la zona de almacenamiento y expedición.

12.3.3. Cálculo de datos

Etapa 1- Fabricación

Extracción de materias primas y su transporte a fábrica. En esta fase consideramos que la materia prima es la chatarra. Su obtención no requiere ningún coste o emisión.

Fabricación, durante este proceso se emiten 4 kg de CO2.

Etapa 2- Puesta en obra

Para el transporte del producto se ha optado por un camión de 20 toneladas. Su consumo de energía por hora es de 1.247,68 MJ y, su emisión de CO2 es de 325,89 kg.

En esta etapa hay que tener en cuenta las horas de la maquinaria necesaria para la instalación. Para la tarea se opta por un equipo y elementos auxiliares para soldadura, atornillado, etc. Su consumo energético por hora es de 139,50 MJ y sus emisiones de 20,34 kg de CO2 por hora.

Etapa 3- Vida útil

En este caso se considera que los perfiles irán revestidos por otro material, galvanizado, no siendo necesario ningún tipo de mantenimiento a lo largo de su vida útil, limitada a 50 años. El consumo de energía y las emisiones se consideran nulas en esta etapa.

Etapa 4- Demolición y reciclado

La realización de la demolición para el posterior reciclado de la instalación consiste en dos fases: la primera trata de demoler las estructuras y enviar los escombros a una planta de residuos. En la segunda, se separan los diferentes tipos de materiales y se transforman en escombros.

Antes de comenzar la demolición con maquinaria, hay que tener en cuenta, que existe un trabajo manual previo consistente en la retirada de los paneles, cableado, inversores, etc. Durante esta fase las emisiones y los costes se consideran nulos.

Los materiales utilizados para la demolición son, una pala cargadora y una retroexcavadora. Los costes energéticos por hora de los materiales: 578,19 MJ y 456,47 MJ, respectivamente. Las emisiones de CO2 por hora son: 151,02 kg y 119,23 kg, respectivamente.

Para el transporte de los escombros se ha utilizado un camión de 5 toneladas, con un coste por hora de 365,17 MJ y unas emisiones de 95,38 kg de CO2 por hora.

12.3.4. Resultados del ACV del acero

Tras introducir estos datos en el software SimaPro, utilizado para evaluar los impactos ambientales de productos, se obtienen los siguientes resultados.

Análisis de Ciclo de Vida: Resultados													
Descripción de los límites del sistema (✓= Incluidos en ACV; MND= módulo no declarado)													
Etapa I Fabricación			**Etapa II Puesta en obra**		**Etapa III Vida útil**					**Etapa IV Demolición y reciclado**			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Suministro de materia prima	Transporte	Manufactura	Transporte	Proceso de construcción e instalación	Uso	Mantención	Reparación (+ transporte)	Reemplazo (+ transporte)	Renovación (+ transporte)	Deconstrucción - demolición	Transporte	Re –utilización / Reciclaje	Disposición final
✓	✓	✓	✓	✓	MDN *	MDN*	MDN*	MDN *	MDN*	✓	✓	✓	✓

Resultados de ACV - Impacto Ambiental

Categoría de impacto	Unidad	Etapa I	Etapa II	Etapa III	Etapa IV	Total
Potencial de calentamiento global	[kg CO_2 -Eq.]	3.75	3.45E-01	-	1.90E-02	4.11
Degradación de la capa de ozono	[kg CFC11-Eq.]	3.69E-08	-	-	4.88E-11	3.70E-07
Potencial de acidificación	[kg SO_2-Eq.]	1.79E-03	-	-	2.88E-06	1.79E-02

Resultados de ACV - Uso de Recursos

Parámetro	Unidad	Etapa I	Etapa II	Etapa III	Etapa IV	Total
Energía	[MJ]	43.12	2.31	-	3.76	49.19

Tabla 60 Análisis de Ciclo de Vida del acero: Resultados SimaPro

Los resultados de los demás indicadores ambientales y los gráficos obtenidos tras el análisis de impacto con SimaPro se pueden ver en el Anexo 7 – ACV.

A continuación, con el fin de comparar resultados de distintas metodologías y bases de datos, se expone el ACV de perfiles de acero que proporciona CYPE. La unidad funcional que utiliza este programa es un kilogramo, al igual que la que se ha considerado con SimaPro.

EAV010 kg Acero en vigas.

Acero **S355JR** en vigas, con piezas **simples de** perfiles.

Consumo	Etapa del ciclo de vida		
	Fabricación	Construcción	
	A1-A2-A3	A4	A5

		Energía incorporada (MJ)	Emisiones CO_2 eq. (kg)	Energía incorporada (MJ)	Emisiones CO_2 eq. (kg)	Energía incorporada (MJ)	Emisiones CO_2 eq. (kg)
Materiales	Peso (kg)						
Acero.	1,050	36,750	2,940	0,354	0,026		
Resina.	0,061	8,497	0,357	0,021	0,002		
Zinc.	0,009	0,315	0,031	0,003	0,000		
Total:	1,120	45,562	3,328	0,378	0,028		
Envases	Peso (kg)						
Acero.	0,002	0,070	0,006	0,001	0,000		
Medios auxiliares						0,006	0,001
Energía total y emisiones:		45,632	3,334	0,379	0,028	0,006	0,001

A1. Suministro de materias primas
A2. Transporte de materias primas
A3. Fabricación del producto
A4. Transporte del producto
A5. Proceso de instalación del producto y construcción

Tabla 61 Análisis de Ciclo de Vida del acero: Resultados CYPE

En este caso, CYPE únicamente evalúa los resultados de Energía utilizada y emisiones, que por otra parte son los datos más relevantes y los que se van a usar en este estudio.

12.3.5. Conclusiones del ACV del acero

Se puede observar que los resultados obtenidos tras el estudio con SimaPro para el caso de perfiles de acero galvanizados, son similares a los que proporciona CYPE en la versión resumida de ACV que genera el propio programa.

La emisión final de CO2 por cada kg de perfil de acero producido, según SimaPro es de 4.11 kg equivalentes de CO2. En el caso de los resultados obtenidos en CYPE, la cantidad de kg equivalentes de CO2 es de 3.362.

Lo mismo ocurre en los resultados de recursos de energía utilizados, ya que según SimaPro, es necesario consumir 49.19 MJ, mientras que según CYPE, la energía necesaria es de 46.011 MJ.

La leve diferencia que existe entre los resultados de ambos programas es debida a que CYPE no considera la etapa de demolición y reciclado de la instalación.

Se concluye por tanto que se van a usar los datos de ACV que proporciona CYPE, ya que se ha comprobado que los resultados obtenidos son similares. Además, para el cálculo exacto con SimaPro del resto de componentes serían necesarios datos de los que no se disponen.

12.4. Cimentación

CSZ015 m³ Zapata de cimentación de hormigón en masa.

Zapata de cimentación de hormigón en masa, realizada con **hormigón HM-20/B/20/I fabricado en central y vertido desde camión**, sin incluir encofrado.

Consumo		Etapa del ciclo de vida					
		Fabricación		Construcción			
		A1-A2-A3		A4		A5	
		Energía incorporada (MJ)	Emisiones CO_2 eq. (kg)	Energía incorporada (MJ)	Emisiones CO_2 eq. (kg)	Energía incorporada (MJ)	Emisiones CO_2 eq. (kg)
Materiales	Peso (kg)						
Hormigón.	2.530,000	2.631,200	247,333	44,931	3,325		
Medios auxiliares						0,130	0,019

Residuos	Peso (kg)						
Transporte a vertedero.	8,475					0,376	0,028
Energía total y emisiones:		2.631,200	247,333	44,931	3,325	0,506	0,047

A1. Suministro de materias primas
A2. Transporte de materias primas
A3. Fabricación del producto
A4. Transporte del producto
A5. Proceso de instalación del producto y construcción

Tabla 62 Análisis de Ciclo de Vida de zapata de hormigón para cimentación

CSZ020 m² Sistema de encofrado para zapata de cimentación.

Montaje y desmontaje de sistema de encofrado recuperable, realizado con paneles metálicos, amortizables en 200 usos, para zapata de cimentación.

Consumo		Etapa del ciclo de vida					
		Fabricación		Construcción			
		A1-A2-A3		A4		A5	
		Energía incorporada (MJ)	Emisiones CO_2 eq. (kg)	Energía incorporada (MJ)	Emisiones CO_2 eq. (kg)	Energía incorporada (MJ)	Emisiones CO_2 eq. (kg)
Materiales	Peso (kg)						
Acero.	0,359	12,565	1,005	0,074	0,005		
Madera.	0,166	0,498	0,014	0,007	0,001		
Acero galvanizado.	0,050	1,950	0,140	0,017	0,001		
Resina.	0,024	3,343	0,140	0,008	0,001		
Disolvente.	0,004	0,400	0,059	0,001	0,000		
Total:	0,603	18,756	1,358	0,107	0,008		
Medios auxiliares						0,095	0,014
Residuos	Peso (kg)						
Transporte a vertedero.	0,429					0,019	0,001
Energía total y emisiones:		18,756	1,358	0,107	0,008	0,114	0,015

A1. Suministro de materias primas
A2. Transporte de materias primas
A3. Fabricación del producto
A4. Transporte del producto
A5. Proceso de instalación del producto y construcción

Tabla 63 Análisis de Ciclo de Vida de encofrado para zapata de cimentación

12.5. Cableado

IEH015 m Cable eléctrico para baja tensión "PRYSMIAN GROUP". 1,31€

Cable eléctrico unipolar, P-Sun CPRO "PRYSMIAN", resistente a la intemperie, para instalaciones fotovoltaicas, garantizado por 30 años, tipo ZZ-F, tensión nominal 0,6/1 kV, tensión máxima en corriente continua 1,8 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x4 mm² de sección, aislamiento de elastómero reticulado, de tipo EI6, cubierta de elastómero reticulado, de tipo EM5, aislamiento clase II, de color negro.

Consumo		Etapa del ciclo de vida					
		Fabricación		Construcción			
		A1-A2-A3		A4		A5	
		Energía incorporada (MJ)	Emisiones CO_2 eq. (kg)	Energía incorporada (MJ)	Emisiones CO_2 eq. (kg)	Energía incorporada (MJ)	Emisiones CO_2 eq. (kg)
Materiales	Peso (kg)						
Cobre.	0,058	5,220	0,512	0,020	0,001		
Envases	Peso (kg)						
Papel, cartón.	0,065	1,612	0,085	0,022	0,002		

Medios auxiliares					0,004	0,001
Energía total y emisiones:	6,832	0,597	0,042	0,003	0,004	0,001

A1. Suministro de materias primas
A2. Transporte de materias primas
A3. Fabricación del producto
A4. Transporte del producto
A5. Proceso de instalación del producto y construcción

Tabla 64 Análisis de Ciclo de Vida del cableado de baja tensión

12.6. Resultados ACV

A continuación, se expone una tabla resumen de los resultados de Emisiones de CO2 y de Energía incorporada al proceso.

		Fabricación		Construcción			
		A1-A2-A3		A4		A5	
		Energía incorporada (MJ)	Emisiones CO_2 eq. (kg)	Energía incorporada (MJ)	Emisiones CO_2 eq. (kg)	Energía incorporada (MJ)	Emisiones CO_2 eq. (kg)
Acero en vigas	kg	45,632	3,334	0,379	0,028	0,006	0,001
Zapata de cimentación de hormigón en masa	m3	2631,200	247,333	44,931	3,325	0,506	0,047
Encofrado para zapata de cimentación	m3	18,756	1,358	0,107	0,008	0,114	0,015
Cable eléctrico para baja tensión	m	6,832	0,597	0,042	0,003	0,004	0,001

Tabla 65 Resumen de la energía incorporada y de las emisiones de CO2 de cada una de las partes que se van a estudiar en el ACV

Ahora, una vez conocidos estos datos, y las cantidades totales, tanto de la alternativa de instalación de estructura fija, como de seguidor a un eje, se realiza el cuenteo total de la energía incorporada para cada una de las dos alternativas.

		Energía incorporada (MJ)	Tipo de mesa	kg/mesa	Nº de mesas	kg totales	Energía total incorporada (MJ)
Acero en vigas	kg	46,017	INTERIOR	549,43	192,00	105490,56	4.854.359,10
			EXTERIOR	470,42	352,00	165587,84	7.619.855,63

		Energía incorporada (MJ)	Tipo de mesa	m3/mesa	Nº de mesas	m3 totales	Energía total incorporada (MJ)
Zapata de cimentación de hormigón en masa	m3	2676,637	INTERIOR	16,35	192,00	3139,20	8.402.498,87
			EXTERIOR	9,70	352,00	3414,40	9.139.109,37
Encofrado para zapata de cimentación	m3	18,977	INTERIOR	16,35	192,00	3139,20	59.572,60
			EXTERIOR	9,70	352,00	3414,40	64.795,07

		Energía incorporada (MJ)	longitud total de cable de baja tensión total (m)	Energía total incorporada (MJ)
Cable eléctrico para baja tensión	m	6,878	74790	514.405,62

Tabla 66 Energía total incorporada para el caso de la estructura fija

		Energía incorporada (MJ)	Tipo de mesa	kg/mesa	Nº de mesas	kg totales	Energía total incorporada (MJ)
Acero en vigas	kg	46,017	INTERIOR	887,75	192,00	170447,04	7.843.461,44
			EXTERIOR	850,10	352,00	299233,44	13.769.825,21

		Energía incorporada (MJ)	Tipo de mesa	m3/mesa	Nº de mesas	m3 totales	Energía total incorporada (MJ)
Zapata de cimentación de hormigón en masa	m3	2676,637	INTERIOR	10,69	192,00	2052,86	5.494.771,74
			EXTERIOR	7,74	352,00	2725,89	7.296.212,68
Encofrado para zapata de cimentación	m3	18,977	INTERIOR	10,69	192,00	2052,86	38.957,20
			EXTERIOR	7,74	352,00	2725,89	51.729,18

		Energía incorporada (MJ)	longitud total de cable de baja tensión total (m)	Energía total incorporada (MJ)
Cable eléctrico para baja tensión	m	6,878	137700	947.100,60

Tabla 67 Energía total incorporada para el caso del seguidor

12.6.1. Resultados y conclusiones

Energía total incorporada	MJ	30.654.596,26
	kWh	8.545.465,63

Tabla 68 Energía total incorporada para el caso de la estructura fija

Energía total incorporada	MJ	35.442.058,04
	kWh	9.845.016,12

Tabla 69 Energía total incorporada para el caso del seguidor

Como se puede observar en las tablas, es necesario 1.3 Millones de kWh más para llevar a cabo la opción de instalar seguidores a un eje.

Para ambos casos, **la energía invertida en la fabricación y la instalación de la planta se recuperará antes de que finalice el primer año de funcionamiento, por lo que podríamos afirmar, que, desde el punto de vista medioambiental, ambas alternativas son rentables.**

Cabe recordar que únicamente se han tenido en cuenta los datos de kg de acero, m3 de cimentación y m lineales de cableado de baja tensión, por tanto, el análisis es incompleto, aunque suficiente para demostrar que la PV es una tecnología que respeta el medio ambiente.

12.6.2. Resultados de emisiones de CO2

Al igual que para el cálculo de la energía incorporada al sistema, se han calculado las emisiones de CO2 para cada alternativa. Siguiendo la misma metodología de cálculo, los resultados finales de emisiones son los siguientes:

- Emisiones totales CO2 eq. para el caso de la estructura fija: 30.185.139,43 kg
- Emisiones totales CO2 eq. para el caso del seguidor: 34.577.715,14 kg

Se observa que, en la fase de fabricación e instalación, el seguidor es algo más contaminante, sin embargo, queda demostrado en el estudio energético que genera más energía de forma libre de contaminación a largo plazo, y, por tanto, es una tecnología muy comprometida con el medio ambiente.

13. Conclusiones finales

13.1. Análisis estructural y económico

En este aspecto, se puede concluir que, para un mismo número de módulos instalados, la cantidad de acero requerida en perfilería es similar en estructura fija y seguidores.

Sin embargo, en lo que respecta a tornillería, los seguidores requieren de más piezas, entre las que se incluyen los rodamientos y el soporte para los mismos. Además, los seguidores demandan más metros lineales de cableado, debido a que abarcan más superficie. Igualmente, para la instalación de seguidores, es necesario más material electrónico (el encargado de hacer girar a los módulos y tomar las medidas de viento)

Con todo, para un mismo número de módulos instalados, **la opción de instalar estructura fija conlleva una inversión inicial superior**, y esto es debido principalmente a la cimentación:

La situación más desfavorable se da cuando el viento sopla a succión, ya que las estructuras tienen riesgo de vuelco.

Los seguidores tienen la opción de ir a posición de defensa (0º) cuando los sensores detectan ráfagas de viento superiores a 60 km/h, ya que, en esta posición, las presiones de viento soportadas disminuyen considerablemente. Sin embargo, la estructura fija no tiene esta opción, y, por tanto, debe ser calculada para el caso de viento a succión más desfavorable.

Es por ello por lo que las zapatas calculadas para la estructura fija solicitan prácticamente el doble de hormigón por módulo instalado que las zapatas de los seguidores.

Se debe destacar el hecho de que, en la industria fotovoltaica, no es habitual el hecho de cimentar con zapatas, sino que se suelen hacer hincados. Sin embargo, para ello es necesario disponer de un estudio geotécnico del terreno y sobre todo de un pull-out test.

13.2. Rentabilidad del proyecto

Respecto a la rentabilidad del proyecto, las conclusiones irán orientadas en hacer dos comparaciones principales, las cuales eran el objetivo principal de este proyecto:

- Comparación entre las dos tecnologías: Estructura fija vs Seguidor
- Comparación entre distintas situaciones geográficas en la península ibérica

13.2.1. Estructura fija vs Seguidor

Como ya se ha comentado anteriormente, y se puede deducir de lo expuesto en el apartado 13.1, la opción de instalar seguidores es más aconsejable, ya que la inversión inicial es similar a la necesaria para instalar estructura fija, sin embargo, la producción aumenta notablemente, y, por tanto, las ganancias económicas.

Los resultados obtenidos con el TIR, el VAN, y el tiempo de retorno hacen decantar la balanza del lado de los seguidores a un eje. Además, el costo energético nivelado (LCOE), es decir, el coste de la producción de la energía es menor en el caso de los seguidores.

13.2.2. Distintas situaciones geográficas

Del apartado 12: *Análisis económico*, podemos concluir que cuanto más al sur se ubique la instalación, más energía producirá. Esto es debido principalmente a que, como se puede ver en la *Ilustración 1: Mapa de radiación solar en España,* la radiación solar varía en función de la ubicación, aumentando de Norte a Sur.

En Sevilla, se obtiene una producción energética de 4 MW superior a la que se obtiene en La Rioja si comparamos ambas tecnologías entre sí.

13.3. ACV

De los resultados obtenidos en el Análisis de Ciclo de Vida, se puede concluir que **la energía fotovoltaica es una tecnología comprometida con el medio ambiente, ya que reduce las emisiones de CO2. Lo cual, ayuda a reducir el efecto invernadero y el cambio climático.**

Como dato de interés, por cada 100 KW de potencia solar instalada se evita la emisión anual de 75.000 kg de CO2.

Resulta también interesante destacar otros aspectos beneficiosos con el medioambiente: no genera contaminación acústica y todos los elementos de los sistemas fotovoltaicos son recuperables y reciclables.

13.4. Ventajas y desventajas de cada tipología

13.4.1. Estructura fija

- La periodicidad del mantenimiento y el coste de este es menor.
- Se trata de elementos de gran fiabilidad.
- No consumen energía.
- La estructura fija se adapta mejor al terreno en caso de que éste sea irregular, ya que tiene menor longitud.
- Opción de mayor aprovechamiento de la superficie de la parcela, ya que, utilizando este tipo de estructura, caben una cantidad mayor de módulos solares (aunque en el caso de estudio no se utiliza todo el espacio aprovechable posible con el fin de que el número de placas solares sea el mismo para ambas alternativas)

13.4.2. Seguidores a un eje

- Aumentan la producción entre un 15-20%, dependiendo de la latitud de la ubicación de la instalación y de la época del año.
- Tienen la posibilidad de ir a posición de defensa cuando las condiciones meteorológicas lo requieren, lo que las hacen instalaciones más seguras a nivel estructural.
- Posibilidad de utilización de utilizan sistemas de seguimiento inteligentes como el MLD de DEGERenergie. Esto haría posible incrementar aún más el rendimiento.

Queda claro que, **decantarse por un sistema de seguimiento de 1 eje horizontal permitirá extraer el máximo rendimiento a la instalación FV**, aunque no siempre sea así, ya que dependerá de diferentes parámetros:

<u>Principales parámetros de comparación entre sistemas:</u>

- Superficie disponible destinada a la colocación del campo de captación.
- Estado topográfico de la parcela escogida. La estructura fija es más indicada cuando la superficie es irregular o tiene pendientes muy pronunciadas.
- Incremento de producción de energía en función del sistema.
- Coste del equipo e instalación.
- Mantenibilidad.
- Resistencia al viento.

UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ANEXO 1:

COMPROBACIÓN ESTRUCTURAL: ESTRUCTURA FIJA

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

AUTOR:

JAVIER SÁENZ DE ZÁITIGUI VISA

Índice Anexo 1 – Comprobación estructural: Estructura Fija

1. Datos de obra

En este apartado se nombran las normas aplicadas al cálculo de la estructura y la cimentación para ambas alternativas. Además, se describen las situaciones de proyecto y las combinaciones de carga aplicadas al cálculo de las estructuras.

1.1. Normas consideradas

Cimentación: EHE-08

Acero conformado: CTE DB SE-A

1.2. Estados límite

E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones E.L.U. de rotura. Acero conformado	CTE Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
Tensiones sobre el terreno Desplazamientos	Acciones características

1.2.1. Situaciones de proyecto

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

- **Con coeficientes de combinación**

$$\sum_{j\geq 1}\gamma_{Gj}G_{kj}+\gamma_P P_k+\gamma_{Q1}\Psi_{p1}Q_{k1}+\sum_{i>1}\gamma_{Qi}\Psi_{ai}Q_{ki}$$

- **Sin coeficientes de combinación**

$$\sum_{j\geq 1}\gamma_{Gj}G_{kj}+\gamma_P P_k+\sum_{i\geq 1}\gamma_{Qi}Q_{ki}$$

- Donde:

G_k Acción permanente
P_k Acción de pretensado
Q_k Acción variable
γ_G Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes
γ_P Coeficiente parcial de seguridad de la acción de pretensado
$\gamma_{Q,1}$ Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal
$\gamma_{Q,i}$ Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento
$\psi_{p,1}$ Coeficiente de combinación de la acción variable principal
$\psi_{a,i}$ Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:

E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones: EHE-08 / CTE DB-SE C

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.000	1.600	-	-
Viento (Q)	0.000	1.600	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.600	1.000	0.500

E.L.U. de rotura. Acero conformado: CTE DB SE-A

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Viento (Q)	0.000	1.500	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.500	1.000	0.500

Tensiones sobre el terreno

Característica		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Viento (Q)	0.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000

Desplazamientos

Característica		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Viento (Q)	0.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000

1.2.2. Combinaciones

- **Nombres de las hipótesis**

PP Peso propio
Vp Viento a presión
Vs Viento a succión
Nieve Nieve

- **E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones**

Comb.	PP	Vp	Vs	Nieve
1	1.000			
2	1.600			
3	1.000	1.600		
4	1.600	1.600		
5	1.000		1.600	
6	1.600		1.600	
7	1.000			1.600
8	1.600			1.600
9	1.000	0.960		1.600
10	1.600	0.960		1.600
11	1.000		0.960	1.600
12	1.600		0.960	1.600
13	1.000	1.600		0.800
14	1.600	1.600		0.800
15	1.000		1.600	0.800
16	1.600		1.600	0.800

- **E.L.U. de rotura. Acero conformado**

Comb.	PP	Vp	Vs	Nieve
1	0.800			
2	1.350			
3	0.800	1.500		
4	1.350	1.500		
5	0.800		1.500	
6	1.350		1.500	
7	0.800			1.500
8	1.350			1.500
9	0.800	0.900		1.500
10	1.350	0.900		1.500
11	0.800		0.900	1.500
12	1.350		0.900	1.500
13	0.800	1.500		0.750
14	1.350	1.500		0.750
15	0.800		1.500	0.750
16	1.350		1.500	0.750

- **Tensiones sobre el terreno**
- **Desplazamientos**

Comb.	PP	Vp	Vs	Nieve
1	1.000			
2	1.000	1.000		
3	1.000		1.000	
4	1.000			1.000
5	1.000	1.000		1.000
6	1.000		1.000	1.000

2. Estructura Fija – Mesas Interiores

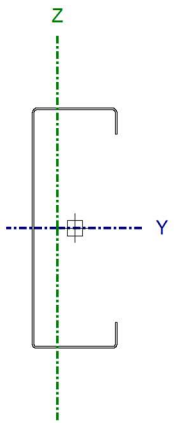
2.1. Resultados

2.1.1. Comprobaciones E.L.U. (Completo)

A continuación, se muestran las comprobaciones de cada tipo de barra. Para ello se escogen las barras más solicitadas de cada tipo. Del mismo modo que estas, se han comprobado todas las barras de la estructura.

2.1.1.1. Poste

Perfil: CF-225x2.5
Material: Acero (S355)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas					
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)	y_q (3) (mm)	z_q (3) (mm)
N28	N29	1.311	10.46	806.27	90.72	0.22	-16.21	0.00

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme
(3) Coordenadas del centro de gravedad

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	2.00	2.00	2.00	2.00
L_K	2.623	2.623	2.623	2.623
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Relación anchura / espesor (CTE DB SE-A, Tabla 5.5 y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 5.2)

Se debe satisfacer:

h/**t** ≤ 250 — **h / t** : ***86.0*** ✓

b/**t** ≤ 90 — **b / t** : ***28.0*** ✓

c/**t** ≤ 30 — **c / t** : ***8.0*** ✓

Los rigidizadores proporcionan suficiente rigidez, ya que se cumple:

0.2 ≤ **c**/**b** ≤ 0.6 — **c / b** : *0.286*

Donde:

h: Altura del alma. — **h** : *215.00* mm

b: Ancho de las alas. — **b** : *70.00* mm

c: Altura de los rigidizadores. **c** : *20.00* mm

t: Espesor. **t** : *2.50* mm

Nota: Las dimensiones no incluyen el acuerdo entre elementos.

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas no puede ser mayor que 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} \cdot f_{yb}}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: ***1.05*** ✓

Donde:

A_{eff}: Área eficaz de la sección transversal de la barra. **A_{eff}** : *7.51* cm²

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_{yb}** : *355.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo mínimo. **N_{cr}** : *242.52* kN

El axil crítico elástico de pandeo **N_{cr}** se calcula según los apartados a) y b):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

$N_{cr,z}$: *273.32* kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexotorsión.

$$N_{cr,FT} = \frac{N_{cr,y}}{2 \cdot \beta} \cdot \left[1 + \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}} - \sqrt{\left(1 + \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}}\right)^2 - 4 \cdot \beta \cdot \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}}} \right]$$

$N_{cr,FT}$: *242.52* kN

Donde:

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

$N_{cr,y}$: *2429.26* kN

$N_{cr,T}$: Axil crítico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

$N_{cr,T}$: *250.18* kN

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I_y** : *806.27* cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. **I_z** : *90.72* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. **I_t** : *0.22* cm4

I_w: Constante de alabeo de la sección. **I_w** : *9373.54* cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000.00* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *81000.00* MPa

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. **L_{ky}** : *2.623* m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. **L_{kz}** : *2.623* m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión. **L_{kt}** : *2.623* m

β: Constante adimensional, obtenida mediante la siguiente expresión:

$$\beta = 1 - \left(\frac{y_0^2}{i_0^2}\right)$$

β : *0.71*

i_o: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0^2 = i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2$$

i_o : *10.95* cm

Siendo:

i_y, i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

i_y : *8.78* cm

i_z : *2.94* cm

y_o, z_o: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

y_o : *-5.85* cm

z_o : *0.00* cm

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.054*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N29, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·Vs.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *19.19* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = \frac{A_g \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}}$$

$N_{t,Rd}$: *353.66* kN

Donde:

A_g: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A_g** : *10.46* cm²

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_{yb}** : *355.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.107*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

η : **0.189** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N28, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Vp+0.75·Nieve.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed}$: *27.11* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$$N_{c,Rd} = \frac{A_{eff} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}}$$

$N_{c,Rd}$: *253.83* kN

Donde:

A_{eff}: Área eficaz de la sección transversal de la barra. A_{eff} : *7.51* cm²

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_{yb} : *355.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo. (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **$N_{b,Rd}$** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A_{eff} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M1}}$$

$N_{b,Rd}$: *143.84* kN

Donde:

A_{eff}: Área eficaz de la sección transversal de la barra. A_{eff} : *7.51* cm²

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_{yb} : *355.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo. χ : *0.57*

El coeficiente de reducción por pandeo es el menor de los coeficientes de reducción calculados:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \left(\bar{\lambda}\right)^2}} \leq 1$$

χ_z : *0.60*

χ_{FT} : *0.57*

Siendo:

$$\phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(\bar{\lambda} - 0.2\right) + \left(\bar{\lambda}\right)^2\right]$$

ϕ_z : *1.12*

ϕ_{FT} : *1.19*

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_z : *0.34*

α_{FT} : *0.34*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} \cdot f_{yb}}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_z$: *0.99*

$\bar{\lambda}_{FT}$: *1.05*

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión, respecto al eje Z. $N_{cr,z}$: *273.32* kN

$N_{cr,FT}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexotorsión. $N_{cr,FT}$: *242.52* kN

Resistencia a flexión. Eje Y (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.489*** ✓

$$\eta = \frac{M^{+}_{Ed}}{M^{+}_{b,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.063*** ✓

$$\eta = \frac{M^{-}_{Ed}}{M^{-}_{b,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.793*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N28, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·Vp.

$M_{y,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **$M_{y,Ed}^{+}$** : *0.80* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N28, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·Vs+1.5·Nieve.

$M_{y,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **$M_{y,Ed}^{-}$** : *10.01* kN·m

La resistencia de cálculo a flexión **$M_{c,Rd}$** viene dada por:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{eff} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}}$$

$M_{c,Rd}$: *20.48* kN·m

Donde:

W_{eff}: Módulo resistente eficaz correspondiente a la fibra de mayor tensión. **W_{eff}** : *60.56* cm³

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_{yb}** : *355.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral del ala superior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

El momento flector resistente a pandeo lateral **$M_{b,Rd}^{+}$** viene dado por:

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot W_{eff} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M1}}$$

$M_{b,Rd}^{+}$: *12.63* kN·m

Donde:

W_{eff}^{+}: Módulo resistente eficaz correspondiente a la fibra de mayor tensión. **W_{eff}^{+}** : *60.56* cm³

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_{yb}** : *355.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : 1.05

χ_{LT}: Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \left(\bar{\lambda}_{LT}\right)^2}} \leq 1$$

χ_{LT} : 0.62

Siendo:

$$\phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot \left(\bar{\lambda}_{LT} - 0.2\right) + \left(\bar{\lambda}_{LT}\right)^2\right]$$

ϕ_{LT} : 1.10

α_{LT}: Coeficiente de imperfección elástica. α_{LT} : 0.34

$\bar{\lambda}_{LT}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{eff} \cdot f_{yb}}{M_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_{LT}$: 0.97

El momento crítico elástico de pandeo lateral $\mathbf{M_{cr}}$ se determina según la teoría de la elasticidad:

$$\mathbf{M_{cr}} = \sqrt{M_{LTv}^2 + M_{LTw}^2}$$

$\mathbf{M_{cr}^+}$: 22.91 kN·m

Donde:

$\mathbf{M_{LTv}}$: Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$\mathbf{M_{LTv}} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

$\mathbf{M_{LTv}^+}$: 0.00 kN·m

$\mathbf{M_{LTw}}$: Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$\mathbf{M_{LTw}} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{f,z}^2$$

$\mathbf{M_{LTw}^+}$: 22.91 kN·m

Donde:

$\mathbf{W_{el,y}}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida. $\mathbf{W_{el,y}}$: 71.67 cm³

$\mathbf{I_z}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. $\mathbf{I_z}$: 90.72 cm4

$\mathbf{I_t}$: Momento de inercia a torsión uniforme. $\mathbf{I_t}$: 0.22 cm4

E: Módulo de elasticidad. **E** : 210000.00 MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : 81000.00 MPa

$\mathbf{L_c^+}$: Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior. $\mathbf{L_c^+}$: 2.623 m

$\mathbf{C_1}$: Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra. $\mathbf{C_1}$: 1.00

$\mathbf{i_{f,z}^+}$: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida. $\mathbf{i_{f,z}^+}$: 3.26 cm

Resistencia a pandeo lateral del ala inferior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

El momento flector resistente a pandeo lateral $\mathbf{M_{b,Rd}^-}$ viene dado por:

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot W_{eff} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M1}}$$

$M_{b,Rd}^-$: *12.63* kN·m

Donde:

W_{eff}^-: Módulo resistente eficaz correspondiente a la fibra de mayor tensión. — W_{eff}^- : *60.56* cm³

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_{yb} : *355.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M1} : *1.05*

χ_{LT}: Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \left(\bar{\lambda}_{LT}\right)^2}} \leq 1$$

χ_{LT} : *0.62*

Siendo:

$$\phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot \left(\bar{\lambda}_{LT} - 0.2\right) + \left(\bar{\lambda}_{LT}\right)^2\right]$$

ϕ_{LT} : *1.10*

α_{LT}: Coeficiente de imperfección elástica. — α_{LT} : *0.34*

$\bar{\lambda}_{LT}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{eff} \cdot f_{yb}}{M_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_{LT}$: *0.97*

El momento crítico elástico de pandeo lateral M_{cr} se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTv}^2 + M_{LTw}^2}$$

M_{cr}^- : *22.91* kN·m

Donde:

M_{LTv}: Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTv} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

M_{LTv}^- : *0.00* kN·m

M_{LTw}: Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTw} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{f,z}^2$$

M_{LTw}^- : *22.91* kN·m

Donde:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida. — $W_{el,y}$: *71.67* cm³

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. — I_z : *90.72* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. — I_t : *0.22* cm4

E: Módulo de elasticidad. — E : *210000.00* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. — G : *81000.00* MPa

L_c^-: Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior. — L_c^- : *2.623* m

C_1: Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra. — C_1 : *1.00*

i_{f,z^-}: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida. i_{f,z^-} : *3.26* cm

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.107*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·Vs+1.5·Nieve.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *7.64* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{b,Rd}$ viene dado por:

$$V_{b,Rd} = \frac{\frac{h_w}{\sin\phi} \cdot t \cdot f_{bv}}{\gamma_{M0}}$$

$V_{b,Rd}$: *71.30* kN

Donde:

h_w: Altura del alma. h_w : *220.30* mm

t: Espesor. t : *2.50* mm

ϕ: Ángulo que forma el alma con la horizontal. ϕ : *90.0* grados

f_{bv}: Resistencia a cortante, teniendo en cuenta el pandeo.

$$0.83 < \bar{\lambda}_w < 1.40 \rightarrow f_{bv} = 0.48 \cdot f_{yb} / \bar{\lambda}_w$$

f_{bv} : *135.93* MPa

Siendo:

$\bar{\lambda}_w$: Esbeltez relativa del alma.

$$\bar{\lambda}_w = 0.346 \cdot \frac{h_w}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}}$$

$\bar{\lambda}_w$: *1.25*

Donde:

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_{yb} : *355.00* MPa

E: Módulo de elasticidad. E : *210000.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a tracción y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.8 y 6.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd,ten}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{cz,Rd,ten}} \leq 1$$

η : ***0.437*** ✓

$$\eta = \frac{M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd,com}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{cz,Rd,com}} - \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

η : **0.486** ✓

$$\eta = \left(\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}}\right)^{0.8} + \left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{by,Rd}}\right)^{0.8} + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{cz,Rd}}\right)^{0.8} \leq 1$$

η : **0.839** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N28, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·Vs+1.5·Nieve.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. — $N_{t,Ed}$: *0.95* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimo, según los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{y,Ed}^-$: *10.01* kN·m; $M_{z,Ed}^+$: *0.00* kN·m

Las resistencias de cálculo vienen dadas por:

$N_{t,Rd}$: Resistencia de cálculo a tracción. — $N_{t,Rd}$: *353.66* kN

$M_{cy,Rd,ten}$, $M_{cz,Rd,ten}$: Resistencia de cálculo a flexión para la máxima tensión de tracción, según los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{cy,Rd,ten}$: *23.06* kN·m; $M_{cz,Rd,ten}$: *12.31* kN·m

$M_{cy,Rd,com}$, $M_{cz,Rd,com}$: Resistencia de cálculo a flexión para la máxima tensión de compresión, según los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{cy,Rd,com}$: *20.48* kN·m; $M_{cz,Rd,com}$: *4.31* kN·m

$M_{by,Rd}$: Resistencia de cálculo a flexión con pandeo lateral. — $M_{by,Rd}$: *12.63* kN·m

$M_{cz,Rd}$: Resistencia de cálculo a flexión. — $M_{cz,Rd}$: *4.31* kN·m

Resistencia a compresión y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.9 y 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd,com}} + \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{cz,Rd,com}} \leq 1$$

η : **0.512** ✓

$$\eta = \left(\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}}\right)^{0.8} + \left(\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{by,Rd}}\right)^{0.8} + \left(\frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{cz,Rd}}\right)^{0.8} \leq 1$$

η : **0.988** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N28, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·Vp+1.5·Nieve.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. — $N_{c,Ed}$: *23.49* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimo, según los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{y,Ed}^-$: *7.59* kN·m; $M_{z,Ed}^+$: *0.00* kN·m

$\Delta M_{y,Ed}$: Momento adicional, respecto al eje Y, debido al desplazamiento de dicho eje al pasar de la sección bruta a la sección eficaz, calculada esta última suponiéndola sometida solamente a compresión uniforme. El momento adicional sólo se toma en consideración si su efecto es desfavorable.

$$\Delta M_{y,Ed} = -N_{c,Ed} \cdot e_{Ny}$$

$\Delta M_{y,Ed}$: *0.00* kN·m

Donde:

e_{Ny}: Desplazamiento del eje principal Y al pasar de la sección bruta a la sección eficaz, calculada esta última suponiéndola sometida solamente a compresión uniforme. **e_{Ny}** : *0.00* mm

$\Delta M_{z,Ed}$: Momento adicional, respecto al eje Z, debido al desplazamiento de dicho eje al pasar de la sección bruta a la sección eficaz, calculada esta última suponiéndola sometida solamente a compresión uniforme. El momento adicional sólo se toma en consideración si su efecto es desfavorable.

$$\Delta M_{z,Ed} = -N_{c,Ed} \cdot e_{Nz}$$

$\Delta M_{z,Ed}$: *-0.21* kN·m

Donde:

e_{Nz}: Desplazamiento del eje principal Z al pasar de la sección bruta a la sección eficaz, calculada esta última suponiéndola sometida solamente a compresión uniforme. **e_{Nz}** : *8.87* mm

Las resistencias de cálculo vienen dadas por:

$N_{c,Rd}$: Resistencia de cálculo a compresión. **$N_{c,Rd}$** : *253.83* kN

$M_{cy,Rd,com}$, $M_{cz,Rd,com}$: Resistencia de cálculo a flexión para la máxima tensión de compresión, según los ejes Y y Z, respectivamente. **$M_{cy,Rd,com}$** : *20.48* kN·m **$M_{cz,Rd,com}$** : *4.31* kN·m

$N_{b,Rd}$: Resistencia de cálculo a compresión con pandeo. **$N_{b,Rd}$** : *143.84* kN

$M_{by,Rd}$: Resistencia de cálculo a flexión con pandeo lateral. **$M_{by,Rd}$** : *12.63* kN·m

$M_{cz,Rd}$: Resistencia de cálculo a flexión. **$M_{cz,Rd}$** : *4.31* kN·m

Resistencia a cortante, axil y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.10)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y axil, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **$V_{z,Ed}$** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{z,w,Rd}$**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N28, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·Vs+1.5·Nieve.

$$V_{z,Ed} \leq \frac{V_{z,w,Rd}}{2}$$

0.778 ≤ 3.634

Donde:

$V_{z,Ed}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{z,Ed}^{-}$** : *7.64* kN

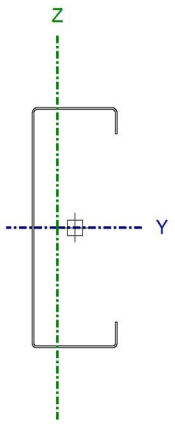
$V_{z,w,Rd}$: Resistencia de cálculo a cortante. **$V_{z,w,Rd}$** : *71.30* kN

Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante
Resistencia a flexión. Eje Z
Resistencia a flexión biaxial
Resistencia a corte Y

Estas comprobaciones no proceden

2.1.1.2. Montante

Perfil: CF-225x2.5
Material: Acero (S355)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas					
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y(1) (cm4)	I_z(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)	y_q(3) (mm)	z_q(3) (mm)
N43	N38	1.083	10.46	806.27	90.72	0.22	-16.21	0.00

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme
(3) Coordenadas del centro de gravedad

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	2.36	2.36	2.36	2.36
L_K	2.560	2.560	2.560	2.560
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

<u>Relación anchura / espesor</u> (CTE DB SE-A, Tabla 5.5 y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 5.2)

Se debe satisfacer:

h/**t** ≤ 250 — **h / t** : ***86.0*** ✓

b/**t** ≤ 90 — **b / t** : ***28.0*** ✓

c/**t** ≤ 30 — **c / t** : ***8.0*** ✓

Los rigidizadores proporcionan suficiente rigidez, ya que se cumple:

0.2 ≤ **c**/**b** ≤ 0.6 — **c / b** : *0.286*

Donde:

h: Altura del alma. — **h** : *215.00* mm
b: Ancho de las alas. — **b** : *70.00* mm
c: Altura de los rigidizadores. — **c** : *20.00* mm
t: Espesor. — **t** : *2.50* mm

Nota: Las dimensiones no incluyen el acuerdo entre elementos.

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas no puede ser mayor que 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} \cdot f_{yb}}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: ***1.02*** ✓

Donde:

A_{eff}: Área eficaz de la sección transversal de la barra. — A_{eff} : *7.51* cm²

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_{yb} : *355.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo mínimo. — N_{cr} : *253.87* kN

El axil crítico elástico de pandeo **N_{cr}** se calcula según los apartados a) y b):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

$N_{cr,z}$: *286.89* kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexotorsión.

$$N_{cr,FT} = \frac{N_{cr,y}}{2 \cdot \beta} \cdot \left[1 + \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}} - \sqrt{\left(1 + \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}}\right)^2 - 4 \cdot \beta \cdot \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}}} \right]$$

$N_{cr,FT}$: *253.87* kN

Donde:

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

$N_{cr,y}$: *2549.87* kN

$N_{cr,T}$: Axil crítico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

$N_{cr,T}$: *261.88* kN

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. — I_y : *806.27* cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. — I_z : *90.72* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. — I_t : *0.22* cm4

I_w: Constante de alabeo de la sección. — I_w : *9373.54* cm6

E: Módulo de elasticidad. — **E** : *210000.00* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. — **G** : *81000.00* MPa

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. — L_{ky} : *2.560* m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. — L_{kz} : *2.560* m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión. — L_{kt} : *2.560* m

β: Constante adimensional, obtenida mediante la siguiente expresión:

$$\beta = 1 - \left(\frac{y_0^2}{i_0^2} \right)$$

β : *0.71*

i_o: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0^2 = i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2$$

i_o : *10.95* cm

Siendo:

i_y, i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

i_y : *8.78* cm

i_z : *2.94* cm

y_o, z_o: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

y_o : *-5.85* cm

z_o : *0.00* cm

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.006*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.011*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N43, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·Vs+1.5·Nieve.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$: *1.65* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$$N_{c,Rd} = \frac{A_{eff} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}}$$

$N_{c,Rd}$: *253.83* kN

Donde:

A_{eff}: Área eficaz de la sección transversal de la barra.

A_{eff} : *7.51* cm²

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_{yb} : *355.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo. (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **$N_{b,Rd}$** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A_{eff} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M1}}$$

$N_{b,Rd}$: *147.60* kN

Donde:

A_{eff}: Área eficaz de la sección transversal de la barra.

A_{eff} : *7.51* cm²

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_{yb} : *355.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M1} : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo. χ : *0.58*

El coeficiente de reducción por pandeo es el menor de los coeficientes de reducción calculados:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \left(\bar{\lambda}\right)^2}} \leq 1$$

χ_z : *0.62*

χ_{FT} : *0.58*

Siendo:

$$\phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(\bar{\lambda} - 0.2\right) + \left(\bar{\lambda}\right)^2\right]$$

ϕ_z : *1.09*

ϕ_{FT} : *1.17*

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_z : *0.34*

α_{FT} : *0.34*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} \cdot f_{yb}}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_z$: *0.96*

$\bar{\lambda}_{FT}$: *1.02*

$\mathbf{N_{cr,z}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión, respecto al eje Z. $\mathbf{N_{cr,z}}$: *286.89* kN

$\mathbf{N_{cr,FT}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexotorsión. $\mathbf{N_{cr,FT}}$: *253.87* kN

<u>Resistencia a flexión. Eje Y</u> (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.503*** ✓

$$\eta = \frac{M_{Ed}^{+}}{M_{b,Rd}^{+}} \leq 1$$

η : ***0.797*** ✓

$$\eta = \frac{M_{Ed}^{-}}{M_{b,Rd}^{-}} \leq 1$$

η : ***0.609*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N43, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Vp+0.75·Nieve.

$\mathbf{M_{y,Ed}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{y,Ed}^{+}}$: *10.31* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N43, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·Vs.

$\mathbf{M_{y,Ed}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{y,Ed}^{-}}$: *7.88* kN·m

La resistencia de cálculo a flexión $\mathbf{M_{c,Rd}}$ viene dada por:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{eff} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}}$$

$M_{c,Rd}$: *20.48* kN·m

Donde:

W_{eff}: Módulo resistente eficaz correspondiente a la fibra de mayor tensión. W_{eff} : *60.56* cm³

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_{yb} : *355.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral del ala superior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

El momento flector resistente a pandeo lateral $M_{b,Rd}^{+}$ viene dado por:

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot W_{eff} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M1}}$$

$M_{b,Rd}^{+}$: *12.94* kN·m

Donde:

W_{eff}^{+}: Módulo resistente eficaz correspondiente a la fibra de mayor tensión. W_{eff}^{+} : *60.56* cm³

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_{yb} : *355.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

χ_{LT}: Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^{2} - \left(\bar{\lambda}_{LT}\right)^{2}}} \leq 1$$

χ_{LT} : *0.63*

Siendo:

$$\phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot \left(\bar{\lambda}_{LT} - 0.2\right) + \left(\bar{\lambda}_{LT}\right)^{2}\right]$$

ϕ_{LT} : *1.07*

α_{LT}: Coeficiente de imperfección elástica. α_{LT} : *0.34*

$\bar{\lambda}_{LT}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{eff} \cdot f_{yb}}{M_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_{LT}$: *0.95*

El momento crítico elástico de pandeo lateral **M_{cr}** se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTv}^{2} + M_{LTw}^{2}}$$

M_{cr}^{+} : *24.05* kN·m

Donde:

M_{LTv}: Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTv} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

M_{LTv}^{+} : *0.00* kN·m

M_{LTw}: Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

M_{LTw}^{+} : *24.05* kN·m

$$M_{LTw} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{f,z}^2$$

Donde:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida. — $W_{el,y}$: *71.67* cm³

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. — I_z : *90.72* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. — I_t : *0.22* cm4

E: Módulo de elasticidad. — **E** : *210000.00* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. — **G** : *81000.00* MPa

L_c^+: Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior. — L_c^+ : *2.560* m

C_1: Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra. — C_1 : *1.00*

$i_{f,z}^+$: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida. — $i_{f,z}^+$: *3.26* cm

Resistencia a pandeo lateral del ala inferior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

El momento flector resistente a pandeo lateral **$M_{b,Rd}^-$** viene dado por:

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot W_{eff} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M1}}$$

$M_{b,Rd}^-$: *12.94* kN·m

Donde:

W_{eff}^-: Módulo resistente eficaz correspondiente a la fibra de mayor tensión. — W_{eff}^- : *60.56* cm³

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_{yb} : *355.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M1} : *1.05*

χ_{LT}: Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \left(\bar{\lambda}_{LT}\right)^2}} \leq 1$$

χ_{LT} : *0.63*

Siendo:

$$\phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot \left(\bar{\lambda}_{LT} - 0.2\right) + \left(\bar{\lambda}_{LT}\right)^2\right]$$

ϕ_{LT} : *1.07*

α_{LT}: Coeficiente de imperfección elástica. — α_{LT} : *0.34*

$\bar{\lambda}_{LT}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{eff} \cdot f_{yb}}{M_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_{LT}$: *0.95*

El momento crítico elástico de pandeo lateral **M_{cr}** se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTv}^2 + M_{LTw}^2}$$

M_{cr}^- : *24.05* kN·m

Donde:

M_{LTv}: Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTv} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

M_{LTv}^- : *0.00* kN·m

M_{LTw}: Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTw} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{f,z}^2$$

M_{LTw}^- : *24.05* kN·m

Donde:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida. **$W_{el,y}$** : *71.67* cm³

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. **I_z** : *90.72* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. **I_t** : *0.22* cm4

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000.00* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *81000.00* MPa

L_c^-: Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior. **L_c^-** : *2.560* m

C_1: Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra. **C_1** : *1.00*

$i_{f,z}^-$: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida. **$i_{f,z}^-$** : *3.26* cm

<u>Resistencia a flexión. Eje Z</u> (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.017*** ✓

Para flexión positiva:

$M_{z,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **$M_{z,Ed}^+$** : *0.00* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N38, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·Vp+1.5·Nieve.

$M_{z,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **$M_{z,Ed}^-$** : *0.08* kN·m

La resistencia de cálculo a flexión **$M_{c,Rd}$** viene dada por:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{eff} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}}$$

$M_{c,Rd}^+$: *4.31* kN·m

$M_{c,Rd}^-$: *4.98* kN·m

Donde:

W_{eff}: Módulo resistente eficaz correspondiente a la fibra de mayor tensión. — W_{eff}^{+} : *12.75* cm³ — W_{eff}^{-} : *14.74* cm³

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_{yb} : *355.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a flexión biaxial (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{cz,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.507*** ✓

$$\eta = \frac{M_{y,Ed}}{M_{by,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{cz,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.800*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N43, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Vp+0.75·Nieve.

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimo, según los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{y,Ed}^{+}$: *10.31* kN·m — $M_{z,Ed}^{+}$: *0.01* kN·m

Las resistencias de cálculo vienen dadas por:

$M_{cy,Rd}$, $M_{cz,Rd}$: Resistencia de cálculo a flexión, según los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{cy,Rd}$: *20.48* kN·m — $M_{cz,Rd}$: *4.31* kN·m

$M_{by,Rd}$: Resistencia de cálculo a flexión con pandeo lateral. — $M_{by,Rd}$: *12.94* kN·m

$M_{cz,Rd}$: Resistencia de cálculo a flexión. — $M_{cz,Rd}$: *4.31* kN·m

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·Vp+1.5·Nieve.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. — V_{Ed} : *0.10* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = 2 \cdot b_d \cdot t \cdot \frac{f_{yb}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$$

$V_{c,Rd}$: *73.50* kN

Donde:

b_d: Ancho de las alas horizontales. **b_d** : *75.30* mm
t: Espesor. **t** : *2.50* mm
f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_{yb}** : *355.00* MPa
γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.142*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N43, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Vp+0.75·Nieve.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *10.12* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{b,Rd}$** viene dado por:

$$V_{b,Rd} = \frac{\frac{h_w}{\sin\phi} \cdot t \cdot f_{bv}}{\gamma_{M0}}$$

$V_{b,Rd}$: *71.30* kN

Donde:

h_w: Altura del alma. **h_w** : *220.30* mm
t: Espesor. **t** : *2.50* mm
ϕ: Ángulo que forma el alma con la horizontal. **ϕ** : *90.0* grados
f_{bv}: Resistencia a cortante, teniendo en cuenta el pandeo.

$$0.83 < \bar{\lambda}_w < 1.40 \rightarrow f_{bv} = 0.48 \cdot f_{yb} / \bar{\lambda}_w$$

f_{bv} : *135.93* MPa

Siendo:

$\bar{\lambda}_w$: Esbeltez relativa del alma.

$$\bar{\lambda}_w = 0.346 \cdot \frac{h_w}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}}$$

$\bar{\lambda}_w$: *1.25*

Donde:

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_{yb}** : *355.00* MPa
E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a compresión y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.9 y 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd,com}} + \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{cz,Rd,com}} \leq 1$$

η : ***0.510*** ✓

$$\eta = \left(\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}}\right)^{0.8} + \left(\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{by,Rd}}\right)^{0.8} + \left(\frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{cz,Rd}}\right)^{0.8} \leq 1$$

η : ***0.860*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N43, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Vp+0.75·Nieve.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. — $N_{c,Ed}$: *0.85* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimo, según los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{y,Ed}^{+}$: *10.31* kN·m; $M_{z,Ed}^{+}$: *0.01* kN·m

$\Delta M_{y,Ed}$: Momento adicional, respecto al eje Y, debido al desplazamiento de dicho eje al pasar de la sección bruta a la sección eficaz, calculada esta última suponiéndola sometida solamente a compresión uniforme. El momento adicional sólo se toma en consideración si su efecto es desfavorable.

$$\Delta M_{y,Ed} = -N_{c,Ed} \cdot e_{Ny}$$

$\Delta M_{y,Ed}$: *0.00* kN·m

Donde:

e_{Ny}: Desplazamiento del eje principal Y al pasar de la sección bruta a la sección eficaz, calculada esta última suponiéndola sometida solamente a compresión uniforme. — e_{Ny} : *0.00* mm

$\Delta M_{z,Ed}$: Momento adicional, respecto al eje Z, debido al desplazamiento de dicho eje al pasar de la sección bruta a la sección eficaz, calculada esta última suponiéndola sometida solamente a compresión uniforme. El momento adicional sólo se toma en consideración si su efecto es desfavorable.

$$\Delta M_{z,Ed} = -N_{c,Ed} \cdot e_{Nz}$$

$\Delta M_{z,Ed}$: *-0.01* kN·m

Donde:

e_{Nz}: Desplazamiento del eje principal Z al pasar de la sección bruta a la sección eficaz, calculada esta última suponiéndola sometida solamente a compresión uniforme. — e_{Nz} : *8.87* mm

Las resistencias de cálculo vienen dadas por:

$N_{c,Rd}$: Resistencia de cálculo a compresión. — $N_{c,Rd}$: *253.83* kN

$M_{cy,Rd,com}$, $M_{cz,Rd,com}$: Resistencia de cálculo a flexión para la máxima tensión de compresión, según los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{cy,Rd,com}$: *20.48* kN·m; $M_{cz,Rd,com}$: *4.31* kN·m

$N_{b,Rd}$: Resistencia de cálculo a compresión con pandeo. — $N_{b,Rd}$: *147.60* kN

$M_{by,Rd}$: Resistencia de cálculo a flexión con pandeo lateral. — $M_{by,Rd}$: *12.94* kN·m

$M_{cz,Rd}$: Resistencia de cálculo a flexión. — $M_{cz,Rd}$: *4.31* kN·m

Resistencia a cortante, axil y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.10)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y axil, ya que los esfuerzos cortantes solicitantes de cálculo pésimo $\mathbf{V_{y,Ed}}$ y $\mathbf{V_{z,Ed}}$ son menores o iguales que el 50% de los correspondientes esfuerzos cortantes resistentes de cálculo $\mathbf{V_{y,c,Rd}}$ y $\mathbf{V_{z,w,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Vp+0.75·Nieve.

$$\mathbf{V_{y,Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{y,c,Rd}}}{2} \qquad \mathbf{0.006 \leq 3.746}$$

Donde:

$\mathbf{V_{y,Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{y,Ed}}$: *0.06* kN

$\mathbf{V_{y,c,Rd}}$: Resistencia de cálculo a cortante. $\mathbf{V_{y,c,Rd}}$: *73.50* kN

$$\mathbf{V_{z,Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{z,w,Rd}}}{2} \qquad \mathbf{1.032 \leq 3.634}$$

Donde:

$\mathbf{V_{z,Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{z,Ed}}$: *10.12* kN

$\mathbf{V_{z,w,Rd}}$: Resistencia de cálculo a cortante. $\mathbf{V_{z,w,Rd}}$: *71.30* kN

Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante
Resistencia a tracción y flexión
Resistencia a tracción

Estas comprobaciones no proceden

2.1.2. Comprobaciones E.L.U. (Resumido)

En este apartado se muestra que se han comprobado todas las barras de la estructura de la forma que se describe en el apartado anterior. En la tabla se muestra el resultado de cada comprobación para todas las barras existentes en la estructura, las cuales están descritas de forma que se muestran los nodos de origen y de destino.

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	
N1/N44	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.843 m η = 0.5	N.P.(1)	x: 0.843 m η = 63.3	x: 0 m η = 1.7	x: 0.633 m η = 47.2	η = 0.1	x: 0.843 m η = 14.1	x: 0.843 m η = 70.2	N.P.(2)	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 70.2**
N44/N4	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.48 m η = 3.6	x: 0 m η = 3.2	x: 0 m η = 39.3	x: 0.48 m η = 1.2	x: 0.24 m η = 31.5	η = 0.1	x: 0 m η = 9.8	x: 0 m η = 38.5	x: 0 m η = 32.2	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 39.3**
N4/N3	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.702 m η = 3.8	x: 0 m η = 3.2	x: 0.702 m η = 34.6	x: 0.702 m η = 1.0	x: 0.702 m η = 35.1	η = 0.1	x: 0.702 m η = 4.5	x: 0.702 m η = 34.8	x: 0.702 m η = 42.7	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 42.7**
N3/N7	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.241 m η = 4.1	x: 0 m η = 3.1	x: 0.241 m η = 51.0	x: 0 m η = 1.0	x: 0.241 m η = 51.3	η = 0.2	x: 0.241 m η = 18.6	x: 0.241 m η = 49.7	x: 0.241 m η = 53.7	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 53.7**
N7/N2	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(4)	x: 0 m η = 1.1	x: 0 m η = 79.7	x: 1.083 m η = 2.0	x: 0 m η = 79.9	η = 0.1	x: 0 m η = 14.2	N.P.(5)	x: 0 m η = 86.3	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 86.3**
N5/N6	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.3 m η = 7.2	x: 0 m η = 14.9	x: 0 m η = 57.6	x: 0 m η = 0.9	x: 0 m η = 57.8	η < 0.1	η = 23.6	x: 0 m η = 56.8	x: 0 m η = 60.4	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 60.4**
N6/N7	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 1.311 m η = 5.4	x: 0 m η = 19.5	x: 0 m η = 70.6	x: 0 m η = 0.8	x: 0 m η = 70.9	η < 0.1	η = 9.5	x: 0 m η = 78.2	x: 0 m η = 83.4	x: 0 m η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 83.4**
N8/N2	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(6)	N.P.(4)	N.P.(1)	x: 1.2 m η = 47.2	x: 1.2 m η = 22.7	x: 1.2 m η = 60.9	x: 1.2 m η = 1.9	x: 1.2 m η = 10.5	N.P.(5)	N.P.(2)	N.P.(7)	N.P.(3)	**CUMPLE η = 60.9**
N2/N17	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	η < 0.1	η = 0.1	x: 0 m η = 47.4	x: 0 m η = 27.2	x: 0 m η = 64.0	x: 0 m η = 2.5	x: 0 m η = 11.4	x: 0 m η = 49.1	x: 0 m η = 79.8	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 79.8**
N17/N24	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(4)	η = 0.1	x: 3.197 m η = 42.2	x: 0 m η = 26.9	x: 0 m η = 60.8	x: 0 m η = 2.5	x: 3.197 m η = 10.6	N.P.(5)	x: 0 m η = 77.6	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 77.6**
N24/N31	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(4)	η = 0.1	x: 0 m η = 42.2	x: 3.197 m η = 26.9	x: 3.197 m η = 60.8	x: 3.197 m η = 2.5	x: 0 m η = 10.6	N.P.(5)	x: 3.197 m η = 77.6	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 77.6**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	
N31/N38	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	η < 0.1	η = 0.1	x: 3.197 m η = 47.4	x: 3.197 m η = 27.2	x: 3.197 m η = 64.0	x: 3.197 m η = 2.5	x: 3.197 m η = 11.4	x: 3.197 m η = 49.1	x: 3.197 m η = 79.8	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 79.8**
N38/N12	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(6)	N.P.(4)	N.P.(1)	x: 0 m η = 47.2	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η = 60.9	x: 0 m η = 1.9	x: 0 m η = 10.5	N.P.(5)	N.P.(2)	N.P.(7)	N.P.(3)	**CUMPLE η = 60.9**
N10/N3	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(6)	N.P.(4)	N.P.(1)	x: 1.2 m η = 47.7	x: 1.2 m η = 22.9	x: 1.2 m η = 61.4	x: 1.2 m η = 1.9	x: 1.2 m η = 10.6	N.P.(5)	N.P.(2)	N.P.(7)	N.P.(3)	**CUMPLE η = 61.4**
N3/N18	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 47.6	x: 0 m η = 27.8	x: 0 m η = 64.5	x: 0 m η = 2.5	x: 0 m η = 11.4	x: 0 m η = 80.0	x: 0 m η = 61.5	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 80.0**
N18/N25	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	η < 0.1	η < 0.1	x: 3.197 m η = 42.0	x: 0 m η = 27.1	x: 3.197 m η = 60.6	x: 0 m η = 2.5	x: 3.197 m η = 10.4	x: 3.197 m η = 73.4	x: 3.197 m η = 77.0	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 77.0**
N25/N32	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 42.0	x: 3.197 m η = 27.1	x: 0 m η = 60.6	x: 3.197 m η = 2.5	x: 0 m η = 10.4	x: 0 m η = 73.4	x: 0 m η = 77.0	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 77.0**
N32/N39	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	η < 0.1	η < 0.1	x: 3.197 m η = 47.6	x: 3.197 m η = 27.8	x: 3.197 m η = 64.5	x: 3.197 m η = 2.5	x: 3.197 m η = 11.4	x: 3.197 m η = 80.0	x: 3.197 m η = 61.5	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 80.0**
N39/N14	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(6)	N.P.(4)	N.P.(1)	x: 0 m η = 47.7	x: 0 m η = 22.9	x: 0 m η = 61.4	x: 0 m η = 1.9	x: 0 m η = 10.6	N.P.(5)	N.P.(2)	N.P.(7)	N.P.(3)	**CUMPLE η = 61.4**
N11/N4	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(6)	N.P.(4)	N.P.(1)	x: 1.2 m η = 47.7	x: 1.2 m η = 22.9	x: 1.2 m η = 61.4	x: 1.2 m η = 1.9	x: 1.2 m η = 10.6	N.P.(5)	N.P.(2)	N.P.(7)	N.P.(3)	**CUMPLE η = 61.4**
N4/N19	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 47.6	x: 0 m η = 27.8	x: 0 m η = 64.5	x: 0 m η = 2.5	x: 0 m η = 11.4	x: 0 m η = 79.9	x: 0 m η = 61.4	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 79.9**
N19/N26	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	η < 0.1	η < 0.1	x: 3.197 m η = 42.1	x: 0 m η = 27.1	x: 3.197 m η = 60.7	x: 0 m η = 2.5	x: 3.197 m η = 10.5	x: 3.197 m η = 77.0	x: 3.197 m η = 57.6	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 77.0**
N26/N33	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 42.1	x: 3.197 m η = 27.1	x: 0 m η = 60.7	x: 3.197 m η = 2.5	x: 0 m η = 10.5	x: 0 m η = 77.0	x: 0 m η = 57.6	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 77.0**
N33/N40	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	η < 0.1	η < 0.1	x: 3.197 m η = 47.6	x: 3.197 m η = 27.8	x: 3.197 m η = 64.5	x: 3.197 m η = 2.5	x: 3.197 m η = 11.4	x: 3.197 m η = 79.9	x: 3.197 m η = 61.4	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 79.9**
N40/N15	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(6)	N.P.(4)	N.P.(1)	x: 0 m η = 47.7	x: 0 m η = 22.9	x: 0 m η = 61.4	x: 0 m η = 1.9	x: 0 m η = 10.6	N.P.(5)	N.P.(2)	N.P.(7)	N.P.(3)	**CUMPLE η = 61.4**
N9/N1	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(6)	N.P.(4)	N.P.(1)	x: 1.2 m η = 47.1	x: 1.2 m η = 22.6	x: 1.2 m η = 60.8	x: 1.2 m η = 1.9	x: 1.2 m η = 10.5	N.P.(5)	N.P.(2)	N.P.(7)	N.P.(3)	**CUMPLE η = 60.8**
N1/N16	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	η = 0.1	N.P.(1)	x: 0 m η = 47.0	x: 0 m η = 27.1	x: 0 m η = 63.4	x: 0 m η = 2.5	x: 0 m η = 11.4	x: 0 m η = 78.8	N.P.(2)	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 78.8**
N16/N23	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	η = 0.1	N.P.(1)	x: 3.197 m η = 42.3	x: 0 m η = 26.8	x: 3.197 m η = 60.6	x: 0 m η = 2.5	x: 3.197 m η = 10.6	x: 3.197 m η = 77.2	N.P.(2)	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 77.2**
N23/N30	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	η = 0.1	N.P.(1)	x: 0 m η = 42.3	x: 3.197 m η = 26.8	x: 0 m η = 60.6	x: 3.197 m η = 2.5	x: 0 m η = 10.6	x: 0 m η = 77.2	N.P.(2)	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 77.2**
N30/N37	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	η = 0.1	N.P.(1)	x: 3.197 m η = 47.0	x: 3.197 m η = 27.1	x: 3.197 m η = 63.4	x: 3.197 m η = 2.5	x: 3.197 m η = 11.4	x: 3.197 m η = 78.8	N.P.(2)	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 78.8**
N37/N13	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(6)	N.P.(4)	N.P.(1)	x: 0 m η = 47.1	x: 0 m η = 22.6	x: 0 m η = 60.8	x: 0 m η = 1.9	x: 0 m η = 10.5	N.P.(5)	N.P.(2)	N.P.(7)	N.P.(3)	**CUMPLE η = 60.8**
N16/N45	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.843 m η = 0.5	N.P.(1)	x: 0.843 m η = 60.1	x: 0 m η = 0.2	x: 0.633 m η = 44.6	η < 0.1	x: 0.843 m η = 13.4	x: 0.843 m η = 67.4	N.P.(2)	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 67.4**
N45/N19	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.48 m η = 3.4	x: 0 m η = 3.2	x: 0 m η = 37.3	x: 0.48 m η = 0.2	x: 0.24 m η = 29.8	η < 0.1	x: 0 m η = 9.1	x: 0 m η = 36.6	x: 0 m η = 34.7	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 37.3**
N19/N18	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.702 m η = 3.7	x: 0 m η = 3.2	x: 0.702 m η = 33.0	x: 0 m η = 0.2	x: 0.702 m η = 33.2	η < 0.1	x: 0.702 m η = 4.1	x: 0.702 m η = 33.1	x: 0.702 m η = 46.3	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 46.3**
N18/N22	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.241 m η = 4.1	x: 0 m η = 3.1	x: 0.241 m η = 48.3	x: 0 m η = 0.2	x: 0.241 m η = 48.4	η < 0.1	x: 0.241 m η = 17.2	x: 0.241 m η = 46.9	x: 0.241 m η = 57.5	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 57.5**
N22/N17	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(4)	x: 0 m η = 1.3	x: 0 m η = 75.4	x: 1.083 m η = 0.2	x: 0 m η = 75.5	η < 0.1	x: 0 m η = 13.5	N.P.(5)	x: 0 m η = 82.3	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 82.3**
N20/N21	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.3 m η = 7.2	x: 0 m η = 14.1	x: 0 m η = 62.0	x: 0 m η = 0.2	x: 0 m η = 62.2	η < 0.1	η = 22.3	x: 0 m η = 61.7	x: 0.3 m η = 72.9	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 72.9**
N21/N22	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 1.311 m η = 5.4	x: 0 m η = 18.5	x: 0 m η = 78.2	x: 0 m η = 0.2	x: 0 m η = 78.3	η < 0.1	η = 10.6	x: 0 m η = 83.2	x: 0 m η = 96.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 96.8**
N23/N46	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.843 m η = 0.5	N.P.(1)	x: 0.843 m η = 61.5	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	x: 0.843 m η = 13.7	x: 0.843 m η = 68.6	N.P.(2)	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 68.6**
N46/N26	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.48 m η = 3.5	x: 0 m η = 3.3	x: 0 m η = 38.1	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	x: 0 m η = 9.4	x: 0 m η = 37.4	x: 0 m η = 34.8	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 38.1**
N26/N25	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.702 m η = 3.8	x: 0 m η = 3.2	x: 0.702 m η = 33.4	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	x: 0.702 m η = 4.2	x: 0.702 m η = 33.5	x: 0.702 m η = 46.7	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 46.7**
N25/N29	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.241 m η = 4.2	x: 0 m η = 3.1	x: 0.241 m η = 49.1	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	x: 0.241 m η = 17.6	x: 0.241 m η = 47.6	x: 0.241 m η = 58.0	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 58.0**
N29/N24	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(4)	x: 0 m η = 1.3	x: 0 m η = 76.5	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	x: 0 m η = 13.7	N.P.(5)	x: 0 m η = 83.3	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 83.3**
N27/N28	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.3 m η = 7.3	x: 0 m η = 14.4	x: 0 m η = 63.1	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	η = 22.5	x: 0 m η = 62.5	x: 0.3 m η = 75.0	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 75.0**
N28/N29	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 1.311 m η = 5.4	x: 0 m η = 18.9	x: 0 m η = 79.3	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	η = 10.7	x: 0 m η = 83.9	x: 0 m η = 98.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 98.8**
N30/N47	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.843 m η = 0.5	N.P.(1)	x: 0.843 m η = 60.1	x: 0 m η = 0.2	x: 0.633 m η = 44.6	η < 0.1	x: 0.843 m η = 13.4	x: 0.843 m η = 67.4	N.P.(2)	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 67.4**
N47/N33	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.48 m η = 3.4	x: 0 m η = 3.2	x: 0 m η = 37.3	x: 0.48 m η = 0.1	x: 0.24 m η = 29.8	η < 0.1	x: 0 m η = 9.1	x: 0 m η = 36.6	x: 0 m η = 34.7	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 37.3**
N33/N32	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.702 m η = 3.7	x: 0 m η = 3.2	x: 0.702 m η = 33.0	x: 0 m η = 0.2	x: 0.702 m η = 33.2	η < 0.1	x: 0.702 m η = 4.1	x: 0.702 m η = 33.2	x: 0.702 m η = 43.2	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 43.2**
N32/N36	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.241 m η = 4.1	x: 0 m η = 3.1	x: 0.241 m η = 48.3	x: 0 m η = 0.2	x: 0.241 m η = 48.4	η < 0.1	x: 0.241 m η = 17.2	x: 0.241 m η = 46.9	x: 0.241 m η = 54.5	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 54.5**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	
N36/N31	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(4)	x: 0 m η = 1.3	x: 0 m η = 75.4	x: 1.083 m η = 0.2	x: 0 m η = 75.5	η < 0.1	x: 0 m η = 13.5	N.P.(5)	x: 0 m η = 81.8	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 81.8**
N34/N35	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.3 m η = 7.2	x: 0 m η = 14.1	x: 0 m η = 62.0	x: 0 m η = 0.2	x: 0 m η = 62.1	η < 0.1	η = 22.3	x: 0 m η = 61.7	x: 0.3 m η = 66.3	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 66.3**
N35/N36	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 1.311 m η = 5.4	x: 0 m η = 18.5	x: 0 m η = 78.2	x: 0 m η = 0.2	x: 0 m η = 78.3	η < 0.1	η = 10.6	x: 0 m η = 83.1	x: 0 m η = 91.9	x: 0 m η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 91.9**
N37/N48	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.843 m η = 0.5	N.P.(1)	x: 0.843 m η = 63.3	x: 0 m η = 1.9	x: 0.633 m η = 47.2	η = 0.1	x: 0.843 m η = 14.1	x: 0.843 m η = 70.2	N.P.(2)	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 70.2**
N48/N40	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.48 m η = 3.6	x: 0 m η = 3.2	x: 0 m η = 39.3	x: 0.48 m η = 1.1	x: 0.24 m η = 31.4	η = 0.1	x: 0 m η = 9.8	x: 0 m η = 38.5	x: 0 m η = 33.1	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 39.3**
N40/N39	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.702 m η = 3.8	x: 0 m η = 3.2	x: 0.702 m η = 34.6	x: 0 m η = 1.0	x: 0.702 m η = 35.1	η = 0.1	x: 0.702 m η = 4.5	x: 0.702 m η = 35.0	x: 0.702 m η = 45.4	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 45.4**
N39/N43	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.241 m η = 4.1	x: 0 m η = 3.1	x: 0.241 m η = 51.0	x: 0 m η = 1.2	x: 0.241 m η = 51.3	η = 0.2	x: 0.241 m η = 18.6	x: 0.241 m η = 49.5	x: 0.241 m η = 56.5	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 56.5**
N43/N38	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(4)	x: 0 m η = 1.1	x: 0 m η = 79.7	x: 1.083 m η = 1.7	x: 0 m η = 80.0	η = 0.1	x: 0 m η = 14.2	N.P.(5)	x: 0 m η = 86.0	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 86.0**
N41/N42	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.3 m η = 7.2	x: 0 m η = 14.9	x: 0 m η = 57.6	x: 0 m η = 0.8	x: 0 m η = 57.9	η < 0.1	η = 23.6	x: 0 m η = 56.9	x: 0 m η = 68.1	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 68.1**
N42/N43	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 1.311 m η = 5.4	x: 0 m η = 19.5	x: 0 m η = 70.6	x: 0 m η = 0.7	x: 0 m η = 70.9	η < 0.1	η = 9.5	x: 0 m η = 78.3	x: 0 m η = 89.4	x: 0 m η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 89.4**
N6/N44	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 1.37 m η = 14.1	x: 0 m η = 40.6	x: 0.685 m η = 0.3	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	x: 0 m η = 0.1	x: 0.685 m η = 14.3	x: 0.685 m η = 49.7	x: 0.228 m η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 49.7**
N21/N45	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 1.37 m η = 14.2	x: 0 m η = 38.1	x: 0.685 m η = 0.3	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	x: 0 m η = 0.1	x: 0.685 m η = 14.4	x: 0.685 m η = 47.3	x: 0.228 m η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 47.3**
N28/N46	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 1.37 m η = 14.3	x: 0 m η = 39.2	x: 0.685 m η = 0.3	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	x: 0 m η = 0.1	x: 0.685 m η = 14.5	x: 0.685 m η = 48.3	x: 0.228 m η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 48.3**
N35/N47	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 1.37 m η = 14.2	x: 0 m η = 38.1	x: 0.685 m η = 0.3	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	x: 0 m η = 0.1	x: 0.685 m η = 14.4	x: 0.685 m η = 47.3	x: 0.228 m η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 47.3**
N42/N48	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 1.37 m η = 14.1	x: 0 m η = 40.6	x: 0.685 m η = 0.3	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	x: 0 m η = 0.1	x: 0.685 m η = 14.3	x: 0.685 m η = 49.7	x: 0.228 m η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 49.7**

Notación:
- *b / t: Relación anchura / espesor*
- *$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez*
- *N_t: Resistencia a tracción*
- *N_c: Resistencia a compresión*
- *M_y: Resistencia a flexión. Eje Y*
- *M_z: Resistencia a flexión. Eje Z*
- *M_yM_z: Resistencia a flexión biaxial*
- *V_y: Resistencia a corte Y*
- *V_z: Resistencia a corte Z*
- *$N_tM_yM_z$: Resistencia a tracción y flexión*
- *$N_cM_yM_z$: Resistencia a compresión y flexión*
- *$NM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a cortante, axil y flexión*
- *$M_tNM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante*
- *x: Distancia al origen de la barra*
- *η: Coeficiente de aprovechamiento (%)*
- *N.P.: No procede*

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
- *(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.*
- *(2) No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.*
- *(3) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.*
- *(4) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.*
- *(5) No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.*
- *(6) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.*
- *(7) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.*
- *(8) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.*
- *(9) La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación.*
- *(10) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.*

2.2. Cimentación

2.2.1. Descripción

Referencias	Geometría
N5, N20, N27, N34 y N41	Zapata de hormigón en masa rectangular centrada Ancho zapata X: 150.0 cm Ancho zapata Y: 235.0 cm Canto: 55.0 cm

2.2.2. Medición

Referencias: N5, N20, N27, N34 y N41
Sin armado

Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

Elemento	Hormigón (m³) HA-25, Yc=1.5
Referencias: N5, N20, N27, N34 y N41	5x1.94
Totales	9.69

2.2.3. Comprobación

Referencia: N5 Dimensiones: 150 x 235 x 55		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.1962 MPa Calculado: 0.0204048 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.0189333 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.0258984 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 2958.0 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 12.9 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 7.23 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 15.85 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Tensión tangencial: 0.01 MPa	Cumple
- En dirección Y:	Tensión tangencial: 0.03 MPa	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 137.1 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 35 cm Calculado: 55 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N5:	Mínimo: 0 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N20 Dimensiones: 150 x 235 x 55		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.1962 MPa Calculado: 0.0202086 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.0197181 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.0244269 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 2799.4 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 10.4 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 6.89 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 14.92 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Tensión tangencial: 0.01 MPa	Cumple
- En dirección Y:	Tensión tangencial: 0.03 MPa	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 130.1 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 35 cm Calculado: 55 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N20:	Mínimo: 0 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N27 Dimensiones: 150 x 235 x 55		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.1962 MPa Calculado: 0.0203067 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.0198162 MPa	Cumple

Referencia: N27 Dimensiones: 150 x 235 x 55		
Comprobación	Valores	Estado
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.0248193 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 2770.6 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 8.2 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 7.03 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 15.10 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Tensión tangencial: 0.01 MPa	Cumple
- En dirección Y:	Tensión tangencial: 0.03 MPa	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 132.9 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 35 cm Calculado: 55 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N27:	Mínimo: 0 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N34 Dimensiones: 150 x 235 x 55		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.1962 MPa Calculado: 0.0202086 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.0197181 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.0244269 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 2863.0 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 10.4 %	Cumple

Referencia: N34 Dimensiones: 150 x 235 x 55		
Comprobación	Valores	Estado
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 6.88 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 14.92 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Tensión tangencial: 0.01 MPa	Cumple
- En dirección Y:	Tensión tangencial: 0.03 MPa	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 130.1 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 35 cm Calculado: 55 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N34:	Mínimo: 0 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N41 Dimensiones: 150 x 235 x 55		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.1962 MPa Calculado: 0.0204048 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.0188352 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.0259965 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 2748.5 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 12.9 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 7.28 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 15.85 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Tensión tangencial: 0.01 MPa	Cumple
- En dirección Y:	Tensión tangencial: 0.03 MPa	Cumple

Referencia: N41 Dimensiones: 150 x 235 x 55		
Comprobación	Valores	Estado
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 137.1 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 35 cm Calculado: 55 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N41:	Mínimo: 0 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

3. Estructura Fija – Mesas Exteriores

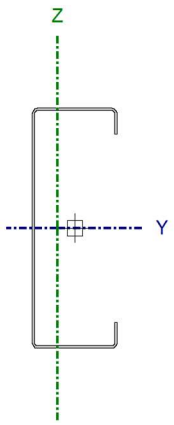
3.1. Resultados

3.1.1. Comprobaciones E.L.U. (Completo)

A continuación se muestran las comprobaciones de cada tipo de barra. Para ello se escogen las barras más solicitadas de cada tipo. Del mismo modo que estas, se han comprobado todas las barras de la estructura.

3.1.1.1. Poste

Perfil: CF-225x3.0
Material: Acero (S355)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas					
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y(1) (cm4)	I_z(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)	y_g(3) (mm)	z_g(3) (mm)
N28	N29	1.311	12.45	952.64	105.97	0.37	-16.23	0.00

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme
(3) Coordenadas del centro de gravedad

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	2.00	2.00	2.00	2.00
L_K	2.623	2.623	2.623	2.623
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Relación anchura / espesor (CTE DB SE-A, Tabla 5.5 y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 5.2)

Se debe satisfacer:

h/**t** ≤ 250 — **h / t** : ***71.0*** ✓

b/**t** ≤ 90 — **b / t** : ***22.7*** ✓

c/**t** ≤ 30 — **c / t** : ***6.3*** ✓

Los rigidizadores proporcionan suficiente rigidez, ya que se cumple:

0.2 ≤ **c**/**b** ≤ 0.6 — **c / b** : *0.279*

Donde:

h: Altura del alma. — **h** : *213.00* mm

b: Ancho de las alas. — **b** : *68.00* mm

c: Altura de los rigidizadores. **c** : *19.00* mm

t: Espesor. **t** : *3.00* mm

Nota: Las dimensiones no incluyen el acuerdo entre elementos.

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas no puede ser mayor que 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} \cdot f_{yb}}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: ***1.07*** ✓

Donde:

A_{eff}: Área eficaz de la sección transversal de la barra. **A_{eff}** : *9.45* cm²

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_{yb}** : *355.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo mínimo. **N_{cr}** : *292.55* kN

El axil crítico elástico de pandeo **N_{cr}** se calcula según los apartados a) y b):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

$N_{cr,z}$: *319.30* kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexotorsión.

$$N_{cr,FT} = \frac{N_{cr,y}}{2 \cdot \beta} \cdot \left[1 + \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}} - \sqrt{\left(1 + \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}}\right)^2 - 4 \cdot \beta \cdot \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}}} \right]$$

$N_{cr,FT}$: *292.55* kN

Donde:

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

$N_{cr,y}$: *2870.29* kN

$N_{cr,T}$: Axil crítico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

$N_{cr,T}$: *301.93* kN

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I_y** : *952.64* cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. **I_z** : *105.97* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. **I_t** : *0.37* cm4

I_w: Constante de alabeo de la sección. **I_w** : *10867.83* cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000.00* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *81000.00* MPa

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. **L_{ky}** : *2.623* m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. **L_{kz}** : *2.623* m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión. **L_{kt}** : *2.623* m

β: Constante adimensional, obtenida mediante la siguiente expresión:

$$\beta = 1 - \left(\frac{y_0^2}{i_0^2}\right)$$

β : *0.72*

i_o: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0^2 = i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2$$

i_o : *10.88* cm

Siendo:

i_y, i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

i_y : *8.75* cm

i_z : *2.92* cm

y_o, z_o: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

y_o : *-5.78* cm

z_o : *0.00* cm

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.078*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N29, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·Vs.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *32.90* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = \frac{A_g \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}}$$

$N_{t,Rd}$: *421.02* kN

Donde:

A_g: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A_g** : *12.45* cm²

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_{yb}** : *355.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.101*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

η : **0.183** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N28, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Vp+0.75·Nieve.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed}$: *32.31* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$$N_{c,Rd} = \frac{A_{eff} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}}$$

$N_{c,Rd}$: *319.59* kN

Donde:

A_{eff}: Área eficaz de la sección transversal de la barra. A_{eff} : *9.45* cm²

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_{yb} : *355.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo. (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **$N_{b,Rd}$** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A_{eff} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M1}}$$

$N_{b,Rd}$: *176.65* kN

Donde:

A_{eff}: Área eficaz de la sección transversal de la barra. A_{eff} : *9.45* cm²

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_{yb} : *355.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo. χ : *0.55*

El coeficiente de reducción por pandeo es el menor de los coeficientes de reducción calculados:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \left(\bar{\lambda}\right)^2}} \leq 1$$

χ_z : *0.58*

χ_{FT} : *0.55*

Siendo:

$$\phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(\bar{\lambda} - 0.2\right) + \left(\bar{\lambda}\right)^2\right]$$

ϕ_z : *1.17*

ϕ_{FT} : *1.22*

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_z : *0.34*

α_{FT} : *0.34*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} \cdot f_{yb}}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_z$: *1.03*

$\bar{\lambda}_{FT}$: *1.07*

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión, respecto al eje Z. $N_{cr,z}$: *319.30* kN

$N_{cr,FT}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexotorsión. $N_{cr,FT}$: *292.55* kN

Resistencia a flexión. Eje Y (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.425*** ✓

$$\eta = \frac{M_{Ed}^{+}}{M_{b,Rd}^{+}} \leq 1$$

η : ***0.081*** ✓

$$\eta = \frac{M_{Ed}^{-}}{M_{b,Rd}^{-}} \leq 1$$

η : ***0.717*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N28, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·Vp.

$M_{y,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **$M_{y,Ed}^{+}$** : *1.24* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N28, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·Vs+1.5·Nieve.

$M_{y,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **$M_{y,Ed}^{-}$** : *10.93* kN·m

La resistencia de cálculo a flexión **$M_{c,Rd}$** viene dada por:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{eff} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}}$$

$M_{c,Rd}$: *25.76* kN·m

Donde:

W_{eff}: Módulo resistente eficaz correspondiente a la fibra de mayor tensión. **W_{eff}** : *76.18* cm³

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_{yb}** : *355.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral del ala superior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

El momento flector resistente a pandeo lateral **$M_{b,Rd}^{+}$** viene dado por:

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot W_{eff} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M1}}$$

$M_{b,Rd}^{+}$: *15.25* kN·m

Donde:

W_{eff}^{+}: Módulo resistente eficaz correspondiente a la fibra de mayor tensión. **W_{eff}^{+}** : *76.18* cm³

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_{yb}** : *355.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : 1.05

χ_{LT}: Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \left(\bar{\lambda}_{LT}\right)^2}} \leq 1$$

χ_{LT} : 0.59

Siendo:

$$\phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot \left(\bar{\lambda}_{LT} - 0.2\right) + \left(\bar{\lambda}_{LT}\right)^2\right]$$

ϕ_{LT} : 1.15

α_{LT}: Coeficiente de imperfección elástica. α_{LT} : 0.34

$\bar{\lambda}_{LT}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{eff} \cdot f_{yb}}{M_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_{LT}$: 1.01

El momento crítico elástico de pandeo lateral $\mathbf{M_{cr}}$ se determina según la teoría de la elasticidad:

$$\mathbf{M_{cr}} = \sqrt{M_{LTv}^2 + M_{LTw}^2}$$

$\mathbf{M_{cr}^+}$: 26.63 kN·m

Donde:

$\mathbf{M_{LTv}}$: Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$\mathbf{M_{LTv}} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

$\mathbf{M_{LTv}^+}$: 0.00 kN·m

$\mathbf{M_{LTw}}$: Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$\mathbf{M_{LTw}} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{f,z}^2$$

$\mathbf{M_{LTw}^+}$: 26.63 kN·m

Donde:

$\mathbf{W_{el,y}}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida. $\mathbf{W_{el,y}}$: 84.68 cm³

$\mathbf{I_z}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. $\mathbf{I_z}$: 105.97 cm4

$\mathbf{I_t}$: Momento de inercia a torsión uniforme. $\mathbf{I_t}$: 0.37 cm4

E: Módulo de elasticidad. **E** : 210000.00 MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : 81000.00 MPa

$\mathbf{L_c^+}$: Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior. $\mathbf{L_c^+}$: 2.623 m

$\mathbf{C_1}$: Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra. $\mathbf{C_1}$: 1.00

$\mathbf{i_{f,z}^+}$: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida. $\mathbf{i_{f,z}^+}$: 3.23 cm

Resistencia a pandeo lateral del ala inferior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

El momento flector resistente a pandeo lateral $\mathbf{M_{b,Rd}^-}$ viene dado por:

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot W_{eff} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M1}}$$

$M_{b,Rd}^-$: *15.25* kN·m

Donde:

W_{eff}^-: Módulo resistente eficaz correspondiente a la fibra de mayor tensión. W_{eff}^- : *76.18* cm³

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_{yb} : *355.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

χ_{LT}: Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \left(\bar{\lambda}_{LT}\right)^2}} \leq 1$$

χ_{LT} : *0.59*

Siendo:

$$\phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot \left(\bar{\lambda}_{LT} - 0.2\right) + \left(\bar{\lambda}_{LT}\right)^2\right]$$

ϕ_{LT} : *1.15*

α_{LT}: Coeficiente de imperfección elástica. α_{LT} : *0.34*

$\bar{\lambda}_{LT}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{eff} \cdot f_{yb}}{M_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_{LT}$: *1.01*

El momento crítico elástico de pandeo lateral M_{cr} se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTv}^2 + M_{LTw}^2}$$

M_{cr}^- : *26.63* kN·m

Donde:

M_{LTv}: Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTv} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

M_{LTv}^- : *0.00* kN·m

M_{LTw}: Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTw} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{f,z}^2$$

M_{LTw}^- : *26.63* kN·m

Donde:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida. $W_{el,y}$: *84.68* cm³

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. I_z : *105.97* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. I_t : *0.37* cm4

E: Módulo de elasticidad. E : *210000.00* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. G : *81000.00* MPa

L_c^-: Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior. L_c^- : *2.623* m

C_1: Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra. C_1 : *1.00*

i_{f,z^-}: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida. i_{f,z^-} : *3.23* cm

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.081*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·Vs+1.5·Nieve.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *8.34* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{b,Rd}$ viene dado por:

$$V_{b,Rd} = \frac{\frac{h_w}{\sin\phi} \cdot t \cdot f_{bv}}{\gamma_{M0}}$$

$V_{b,Rd}$: *102.67* kN

Donde:

h_w: Altura del alma. h_w : *219.36* mm

t: Espesor. t : *3.00* mm

ϕ: Ángulo que forma el alma con la horizontal. ϕ : *90.0* grados

f_{bv}: Resistencia a cortante, teniendo en cuenta el pandeo.

$$0.83 < \bar{\lambda}_w < 1.40 \rightarrow f_{bv} = 0.48 \cdot f_{yb} / \bar{\lambda}_w$$

f_{bv} : *163.81* MPa

Siendo:

$\bar{\lambda}_w$: Esbeltez relativa del alma.

$$\bar{\lambda}_w = 0.346 \cdot \frac{h_w}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}}$$

$\bar{\lambda}_w$: *1.04*

Donde:

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_{yb} : *355.00* MPa

E: Módulo de elasticidad. E : *210000.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a tracción y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.8 y 6.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd,ten}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{cz,Rd,ten}} \leq 1$$

η : ***0.415*** ✓

$$\eta = \frac{M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd,com}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{cz,Rd,com}} - \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

η : **0.403** ✓

$$\eta = \left(\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}}\right)^{0.8} + \left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{by,Rd}}\right)^{0.8} + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{cz,Rd}}\right)^{0.8} \leq 1$$

η : **0.813** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N28, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·Vs+1.5·Nieve.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. — $N_{t,Ed}$: *9.07* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimo, según los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{y,Ed}^-$: *10.93* kN·m; $M_{z,Ed}^+$: *0.00* kN·m

Las resistencias de cálculo vienen dadas por:

$N_{t,Rd}$: Resistencia de cálculo a tracción. — $N_{t,Rd}$: *421.02* kN

$M_{cy,Rd,ten}$, $M_{cz,Rd,ten}$: Resistencia de cálculo a flexión para la máxima tensión de tracción, según los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{cy,Rd,ten}$: *27.78* kN·m; $M_{cz,Rd,ten}$: *14.59* kN·m

$M_{cy,Rd,com}$, $M_{cz,Rd,com}$: Resistencia de cálculo a flexión para la máxima tensión de compresión, según los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{cy,Rd,com}$: *25.76* kN·m; $M_{cz,Rd,com}$: *5.42* kN·m

$M_{by,Rd}$: Resistencia de cálculo a flexión con pandeo lateral. — $M_{by,Rd}$: *15.25* kN·m

$M_{cz,Rd}$: Resistencia de cálculo a flexión. — $M_{cz,Rd}$: *5.42* kN·m

Resistencia a compresión y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.9 y 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd,com}} + \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{cz,Rd,com}} \leq 1$$

η : **0.405** ✓

$$\eta = \left(\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}}\right)^{0.8} + \left(\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{by,Rd}}\right)^{0.8} + \left(\frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{cz,Rd}}\right)^{0.8} \leq 1$$

η : **0.848** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N28, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·Vp+1.5·Nieve.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. — $N_{c,Ed}$: *26.67* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimo, según los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{y,Ed}^-$: *7.38* kN·m; $M_{z,Ed}^+$: *0.00* kN·m

$\Delta M_{y,Ed}$: Momento adicional, respecto al eje Y, debido al desplazamiento de dicho eje al pasar de la sección bruta a la sección eficaz, calculada esta última suponiéndola sometida solamente a compresión uniforme. El momento adicional sólo se toma en consideración si su efecto es desfavorable.

$$\Delta M_{y,Ed} = -N_{c,Ed} \cdot e_{Ny}$$

$\Delta M_{y,Ed}$: *0.00* kN·m

Donde:

e_{Ny}: Desplazamiento del eje principal Y al pasar de la sección bruta a la sección eficaz, calculada esta última suponiéndola sometida solamente a compresión uniforme. e_{Ny} : *0.00* mm

$\Delta M_{z,Ed}$: Momento adicional, respecto al eje Z, debido al desplazamiento de dicho eje al pasar de la sección bruta a la sección eficaz, calculada esta última suponiéndola sometida solamente a compresión uniforme. El momento adicional sólo se toma en consideración si su efecto es desfavorable.

$$\Delta M_{z,Ed} = -N_{c,Ed} \cdot e_{Nz}$$

$\Delta M_{z,Ed}$: *-0.19* kN·m

Donde:

e_{Nz}: Desplazamiento del eje principal Z al pasar de la sección bruta a la sección eficaz, calculada esta última suponiéndola sometida solamente a compresión uniforme. e_{Nz} : *7.07* mm

Las resistencias de cálculo vienen dadas por:

$N_{c,Rd}$: Resistencia de cálculo a compresión. $N_{c,Rd}$: *319.59* kN

$M_{cy,Rd,com}$, $M_{cz,Rd,com}$: Resistencia de cálculo a flexión para la máxima tensión de compresión, según los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{cy,Rd,com}$: *25.76* kN·m; $M_{cz,Rd,com}$: *5.42* kN·m

$N_{b,Rd}$: Resistencia de cálculo a compresión con pandeo. $N_{b,Rd}$: *176.65* kN

$M_{by,Rd}$: Resistencia de cálculo a flexión con pandeo lateral. $M_{by,Rd}$: *15.25* kN·m

$M_{cz,Rd}$: Resistencia de cálculo a flexión. $M_{cz,Rd}$: *5.42* kN·m

Resistencia a cortante, axil y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.10)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y axil, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $V_{z,Ed}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{z,w,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N28, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·Vs+1.5·Nieve.

$$V_{z,Ed} \leq \frac{V_{z,w,Rd}}{2}$$

0.850 ≤ 5.233

Donde:

$V_{z,Ed}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{z,Ed}^{-}$: *8.34* kN

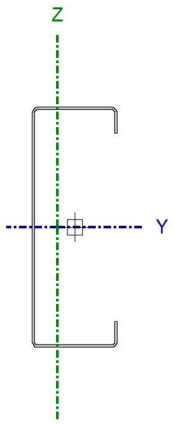
$V_{z,w,Rd}$: Resistencia de cálculo a cortante. $V_{z,w,Rd}$: *102.67* kN

Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante
Resistencia a flexión. Eje Z
Resistencia a flexión biaxial
Resistencia a corte Y

Estas comprobaciones no proceden

3.1.1.2. Montante

Perfil: CF-225x3.0
Material: Acero (S355)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas					
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y(1) (cm4)	I_z(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)	y_g(3) (mm)	z_g(3) (mm)
N22	N17	1.083	12.45	952.64	105.97	0.37	-16.23	0.00

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme
(3) Coordenadas del centro de gravedad

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	2.36	2.36	2.36	2.36
L_K	2.560	2.560	2.560	2.560
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Relación anchura / espesor (CTE DB SE-A, Tabla 5.5 y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 5.2)

Se debe satisfacer:

h/**t** ≤ 250 — **h / t** : ***71.0*** ✓

b/**t** ≤ 90 — **b / t** : ***22.7*** ✓

c/**t** ≤ 30 — **c / t** : ***6.3*** ✓

Los rigidizadores proporcionan suficiente rigidez, ya que se cumple:

0.2 ≤ **c**/**b** ≤ 0.6 — **c / b** : *0.279*

Donde:

h: Altura del alma. — **h** : *213.00* mm
b: Ancho de las alas. — **b** : *68.00* mm
c: Altura de los rigidizadores. — **c** : *19.00* mm
t: Espesor. — **t** : *3.00* mm

Nota: Las dimensiones no incluyen el acuerdo entre elementos.

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas no puede ser mayor que 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} \cdot f_{yb}}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: ***1.05*** ✓

Donde:

A_{eff}: Área eficaz de la sección transversal de la barra. — **A_{eff}** : *9.45* cm²

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — **f_{yb}** : *355.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo mínimo. — **N_{cr}** : *305.89* kN

El axil crítico elástico de pandeo **N_{cr}** se calcula según los apartados a) y b):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

$N_{cr,z}$: *335.15* kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexotorsión.

$$N_{cr,FT} = \frac{N_{cr,y}}{2 \cdot \beta} \cdot \left[1 + \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}} - \sqrt{\left(1 + \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}}\right)^2 - 4 \cdot \beta \cdot \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}}} \right]$$

$N_{cr,FT}$: *305.89* kN

Donde:

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

$N_{cr,y}$: *3012.79* kN

$N_{cr,T}$: Axil crítico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

$N_{cr,T}$: *315.65* kN

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. — **I_y** : *952.64* cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. — **I_z** : *105.97* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. — **I_t** : *0.37* cm4

I_w: Constante de alabeo de la sección. — **I_w** : *10867.83* cm6

E: Módulo de elasticidad. — **E** : *210000.00* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. — **G** : *81000.00* MPa

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. — **L_{ky}** : *2.560* m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. — **L_{kz}** : *2.560* m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión. — **L_{kt}** : *2.560* m

β: Constante adimensional, obtenida mediante la siguiente expresión:

$$\beta = 1 - \left(\frac{y_0^2}{i_0^2} \right)$$

β : *0.72*

i_o: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0^2 = i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2$$

i_o : *10.88* cm

Siendo:

i_y, i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

i_y : *8.75* cm

i_z : *2.92* cm

y_o, z_o: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

y_o : *-5.78* cm

z_o : *0.00* cm

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.006*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.011*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N22, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·Vs+1.5·Nieve.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$: *1.93* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$$N_{c,Rd} = \frac{A_{eff} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}}$$

$N_{c,Rd}$: *319.59* kN

Donde:

A_{eff}: Área eficaz de la sección transversal de la barra.

A_{eff} : *9.45* cm²

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_{yb} : *355.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo. (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **$N_{b,Rd}$** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A_{eff} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M1}}$$

$N_{b,Rd}$: *181.29* kN

Donde:

A_{eff}: Área eficaz de la sección transversal de la barra.

A_{eff} : *9.45* cm²

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_{yb} : *355.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M1} : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo. χ : *0.57*

El coeficiente de reducción por pandeo es el menor de los coeficientes de reducción calculados:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \left(\bar{\lambda}\right)^2}} \leq 1$$

χ_z : *0.60*

χ_{FT} : *0.57*

Siendo:

$$\phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(\bar{\lambda} - 0.2\right) + \left(\bar{\lambda}\right)^2\right]$$

ϕ_z : *1.14*

ϕ_{FT} : *1.19*

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_z : *0.34*

α_{FT} : *0.34*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} \cdot f_{yb}}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_z$: *1.00*

$\bar{\lambda}_{FT}$: *1.05*

$\mathbf{N_{cr,z}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión, respecto al eje Z. $\mathbf{N_{cr,z}}$: *335.15* kN

$\mathbf{N_{cr,FT}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexotorsión. $\mathbf{N_{cr,FT}}$: *305.89* kN

<u>Resistencia a flexión. Eje Y</u> (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.537*** ✓

$$\eta = \frac{M_{Ed}^{+}}{M_{b,Rd}^{+}} \leq 1$$

η : ***0.752*** ✓

$$\eta = \frac{M_{Ed}^{-}}{M_{b,Rd}^{-}} \leq 1$$

η : ***0.884*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N22, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Vp+0.75·Nieve.

$\mathbf{M_{y,Ed}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{y,Ed}^{+}}$: *11.76* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N22, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·Vs.

$\mathbf{M_{y,Ed}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{y,Ed}^{-}}$: *13.83* kN·m

La resistencia de cálculo a flexión $\mathbf{M_{c,Rd}}$ viene dada por:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{eff} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}}$$

$M_{c,Rd}$: *25.76* kN·m

Donde:

W_{eff}: Módulo resistente eficaz correspondiente a la fibra de mayor tensión. W_{eff} : *76.18* cm³

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_{yb} : *355.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral del ala superior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

El momento flector resistente a pandeo lateral $M_{b,Rd}^{+}$ viene dado por:

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot W_{eff} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M1}}$$

$M_{b,Rd}^{+}$: *15.65* kN·m

Donde:

W_{eff}^{+}: Módulo resistente eficaz correspondiente a la fibra de mayor tensión. W_{eff}^{+} : *76.18* cm³

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_{yb} : *355.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

χ_{LT}: Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^{2} - \left(\bar{\lambda}_{LT}\right)^{2}}} \leq 1$$

χ_{LT} : *0.61*

Siendo:

$$\phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot \left(\bar{\lambda}_{LT} - 0.2\right) + \left(\bar{\lambda}_{LT}\right)^{2}\right]$$

ϕ_{LT} : *1.12*

α_{LT}: Coeficiente de imperfección elástica. α_{LT} : *0.34*

$\bar{\lambda}_{LT}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{eff} \cdot f_{yb}}{M_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_{LT}$: *0.98*

El momento crítico elástico de pandeo lateral **M_{cr}** se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTv}^{2} + M_{LTw}^{2}}$$

M_{cr}^{+} : *27.95* kN·m

Donde:

M_{LTv}: Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTv} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

M_{LTv}^{+} : *0.00* kN·m

M_{LTw}: Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

M_{LTw}^{+} : *27.95* kN·m

$$M_{LTw} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{f,z}^2$$

Donde:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida. — $W_{el,y}$: *84.68* cm³

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. — I_z : *105.97* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. — I_t : *0.37* cm4

E: Módulo de elasticidad. — **E** : *210000.00* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. — **G** : *81000.00* MPa

L_c^+: Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior. — L_c^+ : *2.560* m

C_1: Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra. — C_1 : *1.00*

$i_{f,z}^+$: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida. — $i_{f,z}^+$: *3.23* cm

Resistencia a pandeo lateral del ala inferior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

El momento flector resistente a pandeo lateral **$M_{b,Rd}^-$** viene dado por:

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot W_{eff} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M1}}$$

$M_{b,Rd}^-$: *15.65* kN·m

Donde:

W_{eff}^-: Módulo resistente eficaz correspondiente a la fibra de mayor tensión. — W_{eff}^- : *76.18* cm³

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_{yb} : *355.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M1} : *1.05*

χ_{LT}: Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \left(\bar{\lambda}_{LT}\right)^2}} \leq 1$$

χ_{LT} : *0.61*

Siendo:

$$\phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot \left(\bar{\lambda}_{LT} - 0.2\right) + \left(\bar{\lambda}_{LT}\right)^2\right]$$

ϕ_{LT} : *1.12*

α_{LT}: Coeficiente de imperfección elástica. — α_{LT} : *0.34*

$\bar{\lambda}_{LT}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{eff} \cdot f_{yb}}{M_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_{LT}$: *0.98*

El momento crítico elástico de pandeo lateral **M_{cr}** se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTv}^2 + M_{LTw}^2}$$

M_{cr}^- : *27.95* kN·m

Donde:

M_{LTv}: Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTv} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

M_{LTv}^- : *0.00* kN·m

M_{LTw}: Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTw} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{f,z}^2$$

M_{LTw}^- : *27.95* kN·m

Donde:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida. **$W_{el,y}$** : *84.68* cm³

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. **I_z** : *105.97* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. **I_t** : *0.37* cm4

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000.00* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *81000.00* MPa

L_c^-: Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior. **L_c^-** : *2.560* m

C_1: Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra. **C_1** : *1.00*

$i_{f,z}^-$: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida. **$i_{f,z}^-$** : *3.23* cm

<u>Resistencia a flexión. Eje Z</u> (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.002*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·Vp+1.5·Nieve.

$M_{z,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **$M_{z,Ed}^+$** : *0.01* kN·m

Para flexión negativa:

$M_{z,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **$M_{z,Ed}^-$** : *0.00* kN·m

La resistencia de cálculo a flexión **$M_{c,Rd}$** viene dada por:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{eff} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}}$$

$M_{c,Rd}^+$: *5.42* kN·m

$M_{c,Rd}^-$: *5.94* kN·m

Donde:

W_{eff}: Módulo resistente eficaz correspondiente a la fibra de mayor tensión. — W_{eff}^{+} : *16.04* cm³ / W_{eff}^{-} : *17.56* cm³

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_{yb} : *355.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a flexión biaxial (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{cz,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.538*** ✓

$$\eta = \frac{M_{y,Ed}}{M_{by,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{cz,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.885*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N22, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·Vs.

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimo, según los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{y,Ed}^{-}$: *13.83* kN·m / $M_{z,Ed}^{-}$: *0.00* kN·m

Las resistencias de cálculo vienen dadas por:

$M_{cy,Rd}$, $M_{cz,Rd}$: Resistencia de cálculo a flexión, según los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{cy,Rd}$: *25.76* kN·m / $M_{cz,Rd}$: *5.94* kN·m

$M_{by,Rd}$: Resistencia de cálculo a flexión con pandeo lateral. — $M_{by,Rd}$: *15.65* kN·m

$M_{cz,Rd}$: Resistencia de cálculo a flexión. — $M_{cz,Rd}$: *5.94* kN·m

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η < ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·Vs+1.5·Nieve.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. — V_{Ed} : *0.01* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = 2 \cdot b_d \cdot t \cdot \frac{f_{yb}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$$

$V_{c,Rd}$: *87.09* kN

Donde:

b_d: Ancho de las alas horizontales. — b_d : *74.36* mm

t: Espesor. **t** : *3.00* mm
f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_{yb}** : *355.00* MPa
γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.130*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·Vs.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *13.31* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{b,Rd}$** viene dado por:

$$V_{b,Rd} = \frac{\frac{h_w}{\sin\phi} \cdot t \cdot f_{bv}}{\gamma_{M0}}$$

$V_{b,Rd}$: *102.67* kN

Donde:

h_w: Altura del alma. **h_w** : *219.36* mm
t: Espesor. **t** : *3.00* mm
ϕ: Ángulo que forma el alma con la horizontal. **ϕ** : *90.0* grados
f_{bv}: Resistencia a cortante, teniendo en cuenta el pandeo.

$$0.83 < \bar{\lambda}_w < 1.40 \rightarrow f_{bv} = 0.48 \cdot f_{yb} / \bar{\lambda}_w$$

f_{bv} : *163.81* MPa

Siendo:

$\bar{\lambda}_w$: Esbeltez relativa del alma.

$$\bar{\lambda}_w = 0.346 \cdot \frac{h_w}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}}$$

$\bar{\lambda}_w$: *1.04*

Donde:

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_{yb}** : *355.00* MPa
E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a compresión y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.9 y 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd,com}} + \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{cz,Rd,com}} \leq 1$$

η : ***0.539*** ✓

$$\eta = \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd,ten}} + \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{cz,Rd,ten}} - \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

η : **0.498** ✓

$$\eta = \left(\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}}\right)^{0.8} + \left(\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{by,Rd}}\right)^{0.8} + \left(\frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{cz,Rd}}\right)^{0.8} \leq 1$$

η : **0.919** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N22, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·Vs.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. — $N_{c,Ed}$: *0.46* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimo, según los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{y,Ed}^{-}$: *13.83* kN·m; $M_{z,Ed}^{-}$: *0.00* kN·m

$\Delta M_{y,Ed}$: Momento adicional, respecto al eje Y, debido al desplazamiento de dicho eje al pasar de la sección bruta a la sección eficaz, calculada esta última suponiéndola sometida solamente a compresión uniforme. El momento adicional sólo se toma en consideración si su efecto es desfavorable.

$$\Delta M_{y,Ed} = -N_{c,Ed} \cdot e_{Ny}$$

$\Delta M_{y,Ed}$: *0.00* kN·m

Donde:

e_{Ny}: Desplazamiento del eje principal Y al pasar de la sección bruta a la sección eficaz, calculada esta última suponiéndola sometida solamente a compresión uniforme. — e_{Ny} : *0.00* mm

$\Delta M_{z,Ed}$: Momento adicional, respecto al eje Z, debido al desplazamiento de dicho eje al pasar de la sección bruta a la sección eficaz, calculada esta última suponiéndola sometida solamente a compresión uniforme. El momento adicional sólo se toma en consideración si su efecto es desfavorable.

$$\Delta M_{z,Ed} = -N_{c,Ed} \cdot e_{Nz}$$

$\Delta M_{z,Ed}$: *0.00* kN·m

Donde:

e_{Nz}: Desplazamiento del eje principal Z al pasar de la sección bruta a la sección eficaz, calculada esta última suponiéndola sometida solamente a compresión uniforme. — e_{Nz} : *7.07* mm

Las resistencias de cálculo vienen dadas por:

$N_{c,Rd}$: Resistencia de cálculo a compresión. — $N_{c,Rd}$: *319.59* kN

$M_{cy,Rd,com}$, $M_{cz,Rd,com}$: Resistencia de cálculo a flexión para la máxima tensión de compresión, según los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{cy,Rd,com}$: *25.76* kN·m; $M_{cz,Rd,com}$: *9.47* kN·m

$M_{cy,Rd,ten}$, $M_{cz,Rd,ten}$: Resistencia de cálculo a flexión para la máxima tensión de tracción, según los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{cy,Rd,ten}$: *27.78* kN·m; $M_{cz,Rd,ten}$: *5.94* kN·m

$N_{b,Rd}$: Resistencia de cálculo a compresión con pandeo. — $N_{b,Rd}$: *181.29* kN

$M_{by,Rd}$: Resistencia de cálculo a flexión con pandeo lateral. — $M_{by,Rd}$: *15.65* kN·m

$M_{cz,Rd}$: Resistencia de cálculo a flexión. — $M_{cz,Rd}$: *5.94* kN·m

Resistencia a cortante, axil y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.10)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y axil, ya que los esfuerzos cortantes solicitantes de cálculo pésimo $\mathbf{V_{y,Ed}}$ y $\mathbf{V_{z,Ed}}$ son menores o iguales que el 50% de los correspondientes esfuerzos cortantes resistentes de cálculo $\mathbf{V_{y,c,Rd}}$ y $\mathbf{V_{z,w,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·Vs.

$$\mathbf{V_{y,Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{y,c,Rd}}}{2} \qquad \mathbf{0.001} \leq \mathbf{4.439}$$

Donde:

$\mathbf{V_{y,Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{y,Ed}}$: *0.01* kN

$\mathbf{V_{y,c,Rd}}$: Resistencia de cálculo a cortante. $\mathbf{V_{y,c,Rd}}$: *87.09* kN

$$\mathbf{V_{z,Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{z,w,Rd}}}{2} \qquad \mathbf{1.349} \leq \mathbf{5.233}$$

Donde:

$\mathbf{V_{z,Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{z,Ed}}$: *13.24* kN

$\mathbf{V_{z,w,Rd}}$: Resistencia de cálculo a cortante. $\mathbf{V_{z,w,Rd}}$: *102.67* kN

Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante
Resistencia a tracción y flexión
Resistencia a tracción

Estas comprobaciones no proceden

3.1.2. Comprobaciones E.L.U. (Resumido)

En este apartado se muestra que se han comprobado todas las barras de la estructura de la forma que se describe en el apartado anterior. En la tabla se muestra el resultado de cada comprobación para todas las barras existentes en la estructura, las cuales están descritas de forma que se muestran los nodos de origen y de destino.

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	
N1/N44	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.843 m η = 0.4	N.P.(1)	x: 0.843 m η = 65.2	x: 0 m η = 1.4	x: 0.843 m η = 65.5	η = 0.1	x: 0 m η = 12.5	x: 0.843 m η = 72.4	N.P.(2)	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 72.4**
N44/N4	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.48 m η = 3.6	x: 0 m η = 4.4	x: 0 m η = 38.9	x: 0.48 m η = 1.2	x: 0 m η = 39.2	η = 0.1	x: 0 m η = 8.1	x: 0 m η = 38.6	x: 0 m η = 43.6	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 43.6**
N4/N3	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.702 m η = 3.8	x: 0 m η = 4.4	x: 0.702 m η = 36.3	x: 0.702 m η = 1.0	x: 0.702 m η = 36.9	η = 0.1	x: 0 m η = 4.5	x: 0.702 m η = 35.0	x: 0.702 m η = 54.5	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 54.5**
N3/N7	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.241 m η = 4.0	x: 0 m η = 4.3	x: 0.241 m η = 52.2	x: 0 m η = 0.9	x: 0.241 m η = 52.6	η = 0.1	x: 0 m η = 16.8	x: 0.241 m η = 49.9	x: 0.241 m η = 68.7	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 68.7**
N7/N2	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(4)	x: 0 m η = 0.9	x: 0 m η = 85.3	x: 1.083 m η = 1.6	x: 0 m η = 85.7	η = 0.1	x: 1.083 m η = 12.5	N.P.(5)	x: 0 m η = 90.0	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 90.0**
N5/N6	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.3 m η = 10.3	x: 0 m η = 14.1	x: 0 m η = 62.4	x: 0 m η = 1.3	x: 0 m η = 62.9	η < 0.1	η = 25.6	x: 0 m η = 67.2	x: 0 m η = 60.5	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 67.2**
N6/N7	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 1.311 m η = 7.7	x: 0 m η = 19.0	x: 0 m η = 64.4	x: 0 m η = 1.0	x: 0 m η = 64.8	η < 0.1	η = 7.3	x: 0 m η = 76.5	x: 0 m η = 71.9	x: 0 m η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 76.5**
N8/N2	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(6)	N.P.(4)	N.P.(1)	x: 1.2 m η = 57.8	x: 1.2 m η = 18.6	x: 1.2 m η = 68.0	x: 1.2 m η = 1.5	x: 1.2 m η = 10.5	N.P.(5)	N.P.(2)	N.P.(7)	N.P.(3)	**CUMPLE η = 68.0**
N2/N17	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	η < 0.1	η = 0.1	x: 0 m η = 57.9	x: 0 m η = 22.3	x: 0 m η = 70.6	x: 0 m η = 2.0	x: 0 m η = 12.2	x: 0 m η = 72.0	x: 0 m η = 84.4	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 84.4**
N17/N24	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	η < 0.1	η = 0.1	x: 3.197 m η = 57.6	x: 0 m η = 22.1	x: 3.197 m η = 64.5	x: 0 m η = 2.0	x: 3.197 m η = 11.8	x: 3.197 m η = 70.0	x: 3.197 m η = 78.7	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 78.7**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	
N24/N31	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	η < 0.1	η = 0.1	x: 0 m η = 57.6	x: 3.197 m η = 22.1	x: 0 m η = 64.5	x: 3.197 m η = 2.0	x: 0 m η = 11.8	x: 0 m η = 70.0	x: 0 m η = 78.7	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 78.7**
N31/N38	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	η < 0.1	η = 0.1	x: 3.197 m η = 57.9	x: 3.197 m η = 22.3	x: 3.197 m η = 70.6	x: 3.197 m η = 2.0	x: 3.197 m η = 12.2	x: 3.197 m η = 72.0	x: 3.197 m η = 84.4	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 84.4**
N38/N12	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(6)	N.P.(4)	N.P.(1)	x: 0 m η = 57.8	x: 0 m η = 18.6	x: 0 m η = 68.0	x: 0 m η = 1.5	x: 0 m η = 10.5	N.P.(5)	N.P.(2)	N.P.(7)	N.P.(3)	**CUMPLE η = 68.0**
N10/N3	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(6)	N.P.(4)	N.P.(1)	x: 1.2 m η = 58.4	x: 1.2 m η = 18.8	x: 1.2 m η = 68.6	x: 1.2 m η = 1.5	x: 1.2 m η = 10.6	N.P.(5)	N.P.(2)	N.P.(7)	N.P.(3)	**CUMPLE η = 68.6**
N3/N18	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	η < 0.1	η = 0.1	x: 0 m η = 58.2	x: 0 m η = 22.8	x: 0 m η = 71.1	x: 0 m η = 2.1	x: 0 m η = 11.8	x: 0 m η = 84.7	x: 0 m η = 80.5	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 84.7**
N18/N25	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	η < 0.1	η < 0.1	x: 3.197 m η = 54.6	x: 0 m η = 22.2	x: 3.197 m η = 63.4	x: 0 m η = 2.0	x: 3.197 m η = 11.1	x: 3.197 m η = 77.5	x: 3.197 m η = 76.4	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 77.5**
N25/N32	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 54.6	x: 3.197 m η = 22.2	x: 0 m η = 63.4	x: 3.197 m η = 2.0	x: 0 m η = 11.1	x: 0 m η = 77.5	x: 0 m η = 76.4	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 77.5**
N32/N39	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	η < 0.1	η = 0.1	x: 3.197 m η = 58.2	x: 3.197 m η = 22.8	x: 3.197 m η = 71.1	x: 3.197 m η = 2.1	x: 3.197 m η = 11.8	x: 3.197 m η = 84.7	x: 3.197 m η = 80.5	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 84.7**
N39/N14	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(6)	N.P.(4)	N.P.(1)	x: 0 m η = 58.4	x: 0 m η = 18.8	x: 0 m η = 68.6	x: 0 m η = 1.5	x: 0 m η = 10.6	N.P.(5)	N.P.(2)	N.P.(7)	N.P.(3)	**CUMPLE η = 68.6**
N11/N4	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(6)	N.P.(4)	N.P.(1)	x: 1.2 m η = 58.4	x: 1.2 m η = 18.8	x: 1.2 m η = 68.6	x: 1.2 m η = 1.5	x: 1.2 m η = 10.6	N.P.(5)	N.P.(2)	N.P.(7)	N.P.(3)	**CUMPLE η = 68.6**
N4/N19	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 58.3	x: 0 m η = 22.8	x: 0 m η = 71.1	x: 0 m η = 2.1	x: 0 m η = 11.8	x: 0 m η = 84.7	x: 0 m η = 80.6	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 84.7**
N19/N26	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	η < 0.1	η < 0.1	x: 3.197 m η = 54.6	x: 0 m η = 22.2	x: 3.197 m η = 63.5	x: 0 m η = 2.0	x: 3.197 m η = 11.1	x: 3.197 m η = 77.6	x: 3.197 m η = 75.9	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 77.6**
N26/N33	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 54.6	x: 3.197 m η = 22.2	x: 0 m η = 63.5	x: 3.197 m η = 2.0	x: 0 m η = 11.1	x: 0 m η = 77.6	x: 0 m η = 75.9	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 77.6**
N33/N40	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	η < 0.1	η < 0.1	x: 3.197 m η = 58.3	x: 3.197 m η = 22.8	x: 3.197 m η = 71.1	x: 3.197 m η = 2.1	x: 3.197 m η = 11.8	x: 3.197 m η = 84.7	x: 3.197 m η = 80.6	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 84.7**
N40/N15	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(6)	N.P.(4)	N.P.(1)	x: 0 m η = 58.4	x: 0 m η = 18.8	x: 0 m η = 68.6	x: 0 m η = 1.5	x: 0 m η = 10.6	N.P.(5)	N.P.(2)	N.P.(7)	N.P.(3)	**CUMPLE η = 68.6**
N9/N1	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(6)	N.P.(4)	N.P.(1)	x: 1.2 m η = 57.7	x: 1.2 m η = 18.6	x: 1.2 m η = 67.9	x: 1.2 m η = 1.5	x: 1.2 m η = 10.5	N.P.(5)	N.P.(2)	N.P.(7)	N.P.(3)	**CUMPLE η = 67.9**
N1/N16	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	η = 0.1	N.P.(1)	x: 0 m η = 57.8	x: 0 m η = 22.3	x: 0 m η = 70.0	x: 0 m η = 2.0	x: 0 m η = 12.2	x: 0 m η = 83.6	N.P.(2)	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 83.6**
N16/N23	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	η = 0.1	N.P.(1)	x: 3.197 m η = 57.4	x: 0 m η = 22.0	x: 3.197 m η = 64.4	x: 0 m η = 2.0	x: 3.197 m η = 11.8	x: 3.197 m η = 78.5	N.P.(2)	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 78.5**
N23/N30	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	η = 0.1	N.P.(1)	x: 0 m η = 57.4	x: 3.197 m η = 22.0	x: 0 m η = 64.4	x: 3.197 m η = 2.0	x: 0 m η = 11.8	x: 0 m η = 78.5	N.P.(2)	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 78.5**
N30/N37	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	η = 0.1	N.P.(1)	x: 3.197 m η = 57.8	x: 3.197 m η = 22.3	x: 3.197 m η = 70.0	x: 3.197 m η = 2.0	x: 3.197 m η = 12.2	x: 3.197 m η = 83.6	N.P.(2)	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 83.6**
N37/N13	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(6)	N.P.(4)	N.P.(1)	x: 0 m η = 57.7	x: 0 m η = 18.6	x: 0 m η = 67.9	x: 0 m η = 1.5	x: 0 m η = 10.5	N.P.(5)	N.P.(2)	N.P.(7)	N.P.(3)	**CUMPLE η = 67.9**
N16/N45	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.843 m η = 0.5	N.P.(1)	x: 0.843 m η = 67.5	x: 0 m η = 0.2	x: 0.843 m η = 67.6	η < 0.1	x: 0 m η = 12.9	x: 0.843 m η = 73.7	N.P.(2)	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 73.7**
N45/N19	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.48 m η = 3.4	x: 0 m η = 4.4	x: 0 m η = 40.3	x: 0.48 m η = 0.1	x: 0 m η = 40.4	η < 0.1	x: 0.48 m η = 7.6	x: 0 m η = 36.4	x: 0 m η = 45.9	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 45.9**
N19/N18	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.702 m η = 3.6	x: 0 m η = 4.5	x: 0.702 m η = 38.4	x: 0 m η = 0.2	x: 0.702 m η = 38.5	η < 0.1	x: 0 m η = 4.5	x: 0.702 m η = 33.1	x: 0.702 m η = 58.6	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 58.6**
N18/N22	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.241 m η = 3.9	x: 0 m η = 4.3	x: 0.241 m η = 54.2	x: 0 m η = 0.2	x: 0.241 m η = 54.2	η < 0.1	x: 0 m η = 16.6	x: 0.241 m η = 46.8	x: 0.241 m η = 73.0	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 73.0**
N22/N17	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(4)	x: 0 m η = 1.1	x: 0 m η = 88.4	x: 1.083 m η = 0.2	x: 0 m η = 88.5	η < 0.1	x: 1.083 m η = 13.0	N.P.(5)	x: 0 m η = 91.9	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 91.9**
N20/N21	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.3 m η = 10.4	x: 0 m η = 13.3	x: 0 m η = 65.1	x: 0 m η = 0.3	x: 0 m η = 65.2	η < 0.1	η = 25.8	x: 0 m η = 69.0	x: 0.3 m η = 61.3	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 69.0**
N21/N22	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 1.311 m η = 7.8	x: 0 m η = 17.9	x: 0 m η = 70.9	x: 0 m η = 0.2	x: 0 m η = 71.0	η < 0.1	η = 8.0	x: 0 m η = 80.9	x: 0 m η = 83.5	x: 0 m η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 83.5**
N23/N46	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.843 m η = 0.5	N.P.(1)	x: 0.843 m η = 67.6	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	x: 0 m η = 12.9	x: 0.843 m η = 73.5	N.P.(2)	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 73.5**
N46/N26	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.48 m η = 3.5	x: 0 m η = 4.5	x: 0 m η = 40.4	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	x: 0 m η = 7.8	x: 0 m η = 37.3	x: 0 m η = 46.7	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 46.7**
N26/N25	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.702 m η = 3.7	x: 0 m η = 4.5	x: 0.702 m η = 38.3	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	x: 0 m η = 4.6	x: 0.702 m η = 33.6	x: 0.702 m η = 58.7	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 58.7**
N25/N29	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.241 m η = 4.0	x: 0 m η = 4.3	x: 0.241 m η = 54.2	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	x: 0 m η = 16.8	x: 0.241 m η = 47.7	x: 0.241 m η = 73.3	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 73.3**
N29/N24	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(4)	x: 0 m η = 1.1	x: 0 m η = 88.5	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	x: 1.083 m η = 13.0	N.P.(5)	x: 0 m η = 91.8	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 91.8**
N27/N28	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.3 m η = 10.5	x: 0 m η = 13.6	x: 0 m η = 65.7	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	η = 26.0	x: 0 m η = 69.7	x: 0.3 m η = 62.5	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 69.7**
N28/N29	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 1.311 m η = 7.8	x: 0 m η = 18.3	x: 0 m η = 71.7	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	η = 8.1	x: 0 m η = 81.3	x: 0 m η = 84.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 84.8**
N30/N47	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.843 m η = 0.5	N.P.(1)	x: 0.843 m η = 67.5	x: 0 m η = 0.2	x: 0.843 m η = 67.6	η < 0.1	x: 0 m η = 12.9	x: 0.843 m η = 73.7	N.P.(2)	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 73.7**
N47/N33	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.48 m η = 3.4	x: 0 m η = 4.4	x: 0 m η = 40.3	x: 0.48 m η = 0.1	x: 0 m η = 40.4	η < 0.1	x: 0.48 m η = 7.6	x: 0 m η = 36.4	x: 0 m η = 44.8	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 44.8**
N33/N32	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.702 m η = 3.6	x: 0 m η = 4.5	x: 0.702 m η = 38.4	x: 0 m η = 0.2	x: 0.702 m η = 38.5	η < 0.1	x: 0 m η = 4.5	x: 0.702 m η = 33.2	x: 0.702 m η = 55.2	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 55.2**
N32/N36	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.241 m η = 3.9	x: 0 m η = 4.3	x: 0.241 m η = 54.2	x: 0 m η = 0.2	x: 0.241 m η = 54.2	η < 0.1	x: 0 m η = 16.6	x: 0.241 m η = 46.8	x: 0.241 m η = 69.6	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 69.6**
N36/N31	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(4)	x: 0 m η = 1.1	x: 0 m η = 88.4	x: 1.083 m η = 0.2	x: 0 m η = 88.5	η < 0.1	x: 1.083 m η = 13.0	N.P.(5)	x: 0 m η = 91.8	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 91.8**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	
N34/N35	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.3 m η = 10.4	x: 0 m η = 13.3	x: 0 m η = 65.1	x: 0 m η = 0.3	x: 0 m η = 65.2	η < 0.1	η = 25.8	x: 0 m η = 69.1	x: 0.3 m η = 55.2	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 69.1**
N35/N36	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 1.311 m η = 7.8	x: 0 m η = 17.9	x: 0 m η = 70.9	x: 0 m η = 0.2	x: 0 m η = 71.0	η < 0.1	η = 8.0	x: 0 m η = 80.9	x: 0 m η = 79.1	x: 0 m η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 80.9**
N37/N48	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.843 m η = 0.4	N.P.(1)	x: 0.843 m η = 65.2	x: 0 m η = 1.6	x: 0.843 m η = 65.5	η = 0.1	x: 0 m η = 12.5	x: 0.843 m η = 72.4	N.P.(2)	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 72.4**
N48/N40	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.48 m η = 3.6	x: 0 m η = 4.4	x: 0 m η = 38.9	x: 0.48 m η = 1.1	x: 0 m η = 39.2	η = 0.1	x: 0 m η = 8.1	x: 0 m η = 38.6	x: 0 m η = 44.5	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 44.5**
N40/N39	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.702 m η = 3.8	x: 0 m η = 4.4	x: 0.702 m η = 36.3	x: 0.702 m η = 0.9	x: 0.702 m η = 36.9	η = 0.1	x: 0 m η = 4.5	x: 0.702 m η = 35.2	x: 0.702 m η = 57.5	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 57.5**
N39/N43	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.241 m η = 4.0	x: 0 m η = 4.3	x: 0.241 m η = 52.2	x: 0 m η = 1.0	x: 0.241 m η = 52.6	η = 0.1	x: 0 m η = 16.8	x: 0.241 m η = 49.8	x: 0.241 m η = 71.7	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 71.7**
N43/N38	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(4)	x: 0 m η = 0.9	x: 0 m η = 85.3	x: 1.083 m η = 1.4	x: 0 m η = 85.6	η = 0.1	x: 1.083 m η = 12.5	N.P.(5)	x: 0 m η = 90.0	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 90.0**
N41/N42	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.3 m η = 10.3	x: 0 m η = 14.1	x: 0 m η = 62.4	x: 0 m η = 1.2	x: 0 m η = 63.0	η < 0.1	η = 25.6	x: 0 m η = 66.9	x: 0 m η = 67.6	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 67.6**
N42/N43	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 1.311 m η = 7.7	x: 0 m η = 19.0	x: 0 m η = 64.4	x: 0 m η = 0.9	x: 0 m η = 64.8	η < 0.1	η = 7.3	x: 0 m η = 76.6	x: 0 m η = 77.3	x: 0 m η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 77.3**
N6/N44	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 1.37 m η = 24.0	x: 0 m η = 74.9	x: 0.685 m η = 0.6	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	x: 0 m η = 0.1	x: 0.685 m η = 33.0	x: 0.685 m η = 80.9	x: 0.228 m η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 80.9**
N21/N45	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 1.37 m η = 24.2	x: 0 m η = 69.8	x: 0.685 m η = 0.6	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	x: 0 m η = 0.1	x: 0.685 m η = 33.2	x: 0.685 m η = 76.5	x: 0.228 m η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 76.5**
N28/N46	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 1.37 m η = 24.4	x: 0 m η = 71.8	x: 0.685 m η = 0.6	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	x: 0 m η = 0.1	x: 0.685 m η = 33.4	x: 0.685 m η = 78.3	x: 0.228 m η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 78.3**
N35/N47	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 1.37 m η = 24.2	x: 0 m η = 69.8	x: 0.685 m η = 0.6	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	x: 0 m η = 0.1	x: 0.685 m η = 33.2	x: 0.685 m η = 76.5	x: 0.228 m η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 76.5**
N42/N48	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 1.37 m η = 24.0	x: 0 m η = 74.9	x: 0.685 m η = 0.6	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	x: 0 m η = 0.1	x: 0.685 m η = 33.0	x: 0.685 m η = 80.9	x: 0.228 m η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 80.9**

Notación:
b / t: Relación anchura / espesor
$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_y: Resistencia a flexión. Eje Y
M_z: Resistencia a flexión. Eje Z
M_yM_z: Resistencia a flexión biaxial
V_y: Resistencia a corte Y
V_z: Resistencia a corte Z
$N_tM_yM_z$: Resistencia a tracción y flexión
$N_cM_yM_z$: Resistencia a compresión y flexión
$NM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a cortante, axil y flexión
$M_tNM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
(2) No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(3) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
(4) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.
(5) No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(6) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.
(7) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(8) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
(9) La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación.
(10) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

3.2. Cimentación

3.2.1. Descripción

Referencias	Geometría
N5, N20, N27, N34 y N41	Zapata de hormigón en masa rectangular centrada Ancho zapata X: 190.0 cm Ancho zapata Y: 265.0 cm Canto: 65.0 cm

3.2.2. Medición

Referencias: N5, N20, N27, N34 y N41
Sin armado

Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

Elemento	Hormigón (m³) HA-25, Yc=1.5
Referencias: N5, N20, N27, N34 y N41	5x3.27
Totales	16.36

3.2.3. Comprobación

Referencia: N5 Dimensiones: 190 x 265 x 65		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.1962 MPa Calculado: 0.0211896 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.0189333 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.0263889 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 3637.6 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 17.4 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 11.07 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 27.76 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Tensión tangencial: 0.01 MPa	Cumple
- En dirección Y:	Tensión tangencial: 0.04 MPa	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 139.2 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 35 cm Calculado: 65 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N5:	Mínimo: 0 cm Calculado: 60 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N20 Dimensiones: 190 x 265 x 65		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.1962 MPa Calculado: 0.0209934 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.0194238 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.0251136 MPa	Cumple

Referencia: N20 Dimensiones: 190 x 265 x 65		
Comprobación	Valores	Estado
Vuelco de la zapata: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 3349.8 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 14.2 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 10.70 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 28.05 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Tensión tangencial: 0.01 MPa	Cumple
- En dirección Y:	Tensión tangencial: 0.04 MPa	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 134 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 35 cm Calculado: 65 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- N20:	Mínimo: 0 cm Calculado: 60 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N27 Dimensiones: 190 x 265 x 65		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.1962 MPa Calculado: 0.0210915 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.0195219 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.0254079 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 3330.9 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 12.1 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 10.77 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 28.27 kN·m	Cumple

Referencia: N27 Dimensiones: 190 x 265 x 65		
Comprobación	Valores	Estado
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Tensión tangencial: 0.01 MPa	Cumple
- En dirección Y:	Tensión tangencial: 0.04 MPa	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 135 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 35 cm Calculado: 65 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N27:	Mínimo: 0 cm Calculado: 60 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N34 Dimensiones: 190 x 265 x 65		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.1962 MPa Calculado: 0.0209934 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.0194238 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.0251136 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 3442.9 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 14.2 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 10.69 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 28.05 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Tensión tangencial: 0.01 MPa	Cumple
- En dirección Y:	Tensión tangencial: 0.04 MPa	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 134 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 35 cm Calculado: 65 cm	Cumple

Referencia: N34 Dimensiones: 190 x 265 x 65		
Comprobación	Valores	Estado
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N34:	Mínimo: 0 cm Calculado: 60 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N41 Dimensiones: 190 x 265 x 65		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.1962 MPa Calculado: 0.0211896 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.0189333 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.0263889 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 3297.3 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 17.4 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 11.16 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 27.76 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Tensión tangencial: 0.01 MPa	Cumple
- En dirección Y:	Tensión tangencial: 0.04 MPa	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 139.2 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 35 cm Calculado: 65 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N41:	Mínimo: 0 cm Calculado: 60 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

4. Unión Poste – Montante

4.1. Especificaciones

Norma:

CTE DB SE-A: Código Técnico de la Edificación. Seguridad estructural. Acero. Apartado 8.6. Resistencia de los medios de unión. Uniones soldadas.

Materiales:

- Perfiles (Material base): S275.

- Material de aportación (soldaduras): Las características mecánicas de los materiales de aportación serán en todos los casos superiores a las del material base. (4.4.1 CTE DB SE-A)

Disposiciones constructivas:

1) Las siguientes prescripciones se aplican a uniones soldadas donde los espesores de las piezas a unir sean al menos de 4 mm.

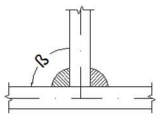
2) Los cordones de las soldaduras en ángulo no podrán tener un espesor de garganta inferior a 3 mm ni superior al menor espesor de las piezas a unir.

3) Los cordones de las soldaduras en ángulo cuyas longitudes sean menores de 40 mm o 6 veces el espesor de garganta, no se tendrán en cuenta para calcular la resistencia de la unión.

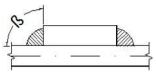
4) En el detalle de las soldaduras en ángulo se indica la longitud efectiva del cordón (longitud sobre la cual el cordón tiene su espesor de garganta completo). Para cumplirla, puede ser necesario prolongar el cordón rodeando las esquinas, con el mismo espesor de garganta y una longitud de 2 veces dicho espesor. La longitud efectiva de un cordón de soldadura deberá ser mayor o igual que 4 veces el espesor de garganta.

5) Las soldaduras en ángulo entre dos piezas que forman un ángulo β deberán cumplir con la condición de que dicho ángulo esté comprendido entre 60 y 120 grados. En caso contrario:

- Si se cumple que $\beta > 120$ (grados): se considerará que no transmiten esfuerzos.
- Si se cumple que $\beta < 60$ (grados): se considerarán como soldaduras a tope con penetración parcial.



Unión en 'T'



Unión en solape

Comprobaciones:

a) Cordones de soldadura a tope con penetración total:

En este caso, no es necesaria ninguna comprobación. La resistencia de la unión será igual a la de la más débil de las piezas unidas.

b) Cordones de soldadura a tope con penetración parcial y con preparación de bordes:

Se comprueban como soldaduras en ángulo considerando un espesor de garganta igual al canto nominal de la preparación menos 2 mm (artículo 8.6.3.3b del CTE DB SE-A).

c) Cordones de soldadura en ángulo:

Se realiza la comprobación de tensiones en cada cordón de soldadura según el artículo 8.6.2.3 CTE DB SE-A.

Se comprueban los siguientes tipos de tensión:

Tensión de Von Mises $\sqrt{\sigma_{\perp}^{2} + 3 \cdot \left(\tau_{\perp}^{2} + \tau_{//}^{2}\right)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$

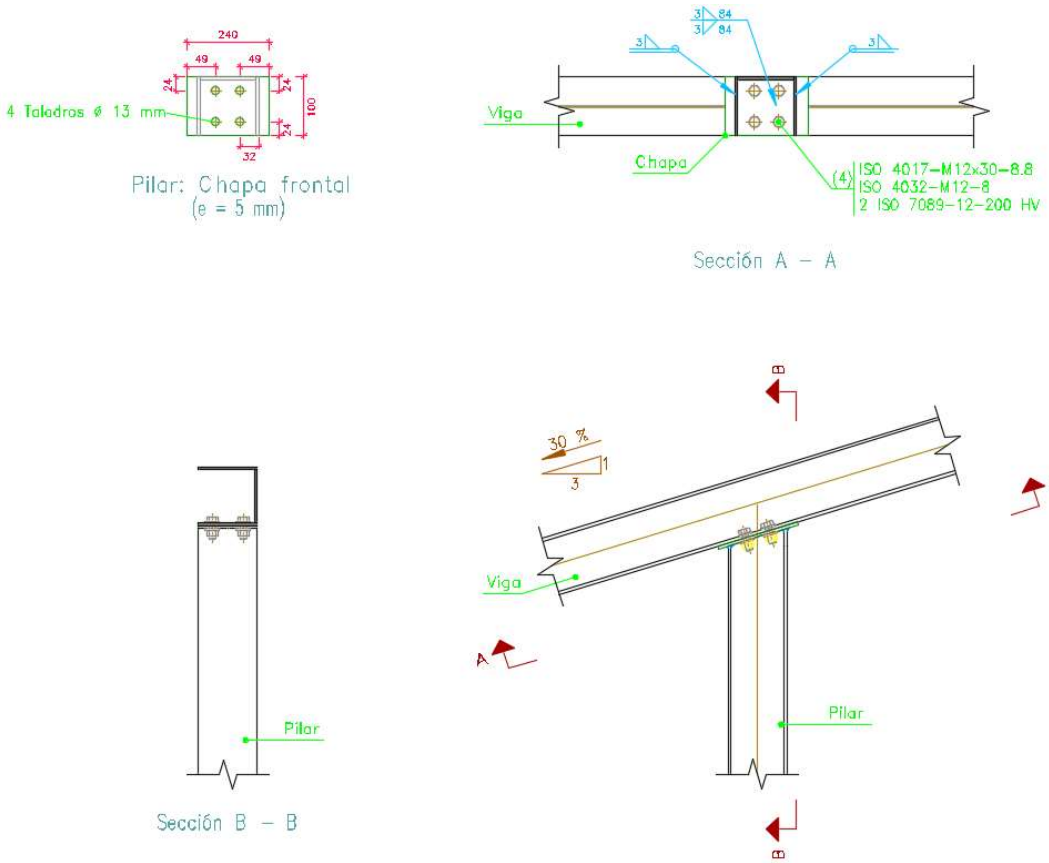
Tensión normal $\sigma_{\perp} \leq K \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$

Donde K = 1.

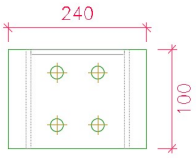
Los valores que se muestran en las tablas de comprobación resultan de las combinaciones de esfuerzos que hacen máximo el aprovechamiento tensional para ambas comprobaciones, por lo que es posible que aparezcan dos valores distintos de la tensión normal si cada aprovechamiento máximo resulta en combinaciones distintas.

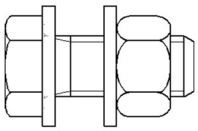
4.2. Memoria de cálculo

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Chapa frontal: Pilar		100	240	5	4	13	S275	275.0	410.0

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (MPa)	f_u (MPa)
ISO 4017-M12x30-8.8 ISO 4032-M12-8 2 ISO 7089-12-200 HV		M12	30	8.8	640.0	800.0

c) Comprobación

1) Viga

Comprobaciones de resistencia						
	Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
	Panel	Esbeltez	--	--	--	29.10
		Cortante	kN	2.36	68.31	3.46
	Alma	Flexión transversal	kNm	0.00	0.05	0.00
		Compresión transversal	kN	1.99	75.62	2.63
		Cargas concentradas	kN	1.99	175.57	1.13
Pilar	Ala	Tracción por flexión	kN	2.36	11.69	20.18
	Alma	Tracción	kN	2.74	51.84	5.29

2) Pilar

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	2.36	15.45	15.27
Ala	Compresión	kN	1.16	63.1	1.83
	Tracción	kN	0.63	62.86	1
	Anchura eficaz	mm	48	70	92.36
Alma	Tracción	kN	1.49	51.84	2.88

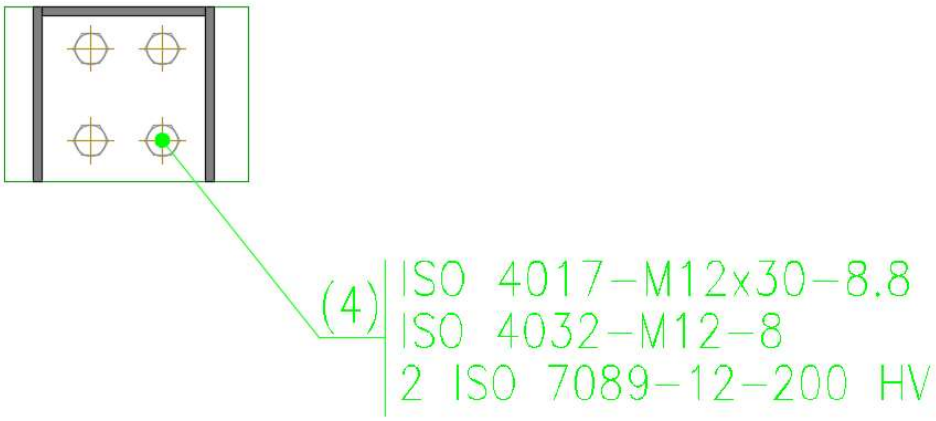
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	3	100	4.8	73.00
Soldadura del alma	En ángulo	3	84	4.8	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	3	100	4.8	73.00

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\|\|}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	3.0	4.1	0.0	7.8	2.01	4.1	1.26	410.0	0.85
Soldadura del alma	4.4	4.4	3.1	10.3	2.68	4.4	1.35	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	3.0	4.1	0.0	7.8	2.01	4.1	1.26	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos

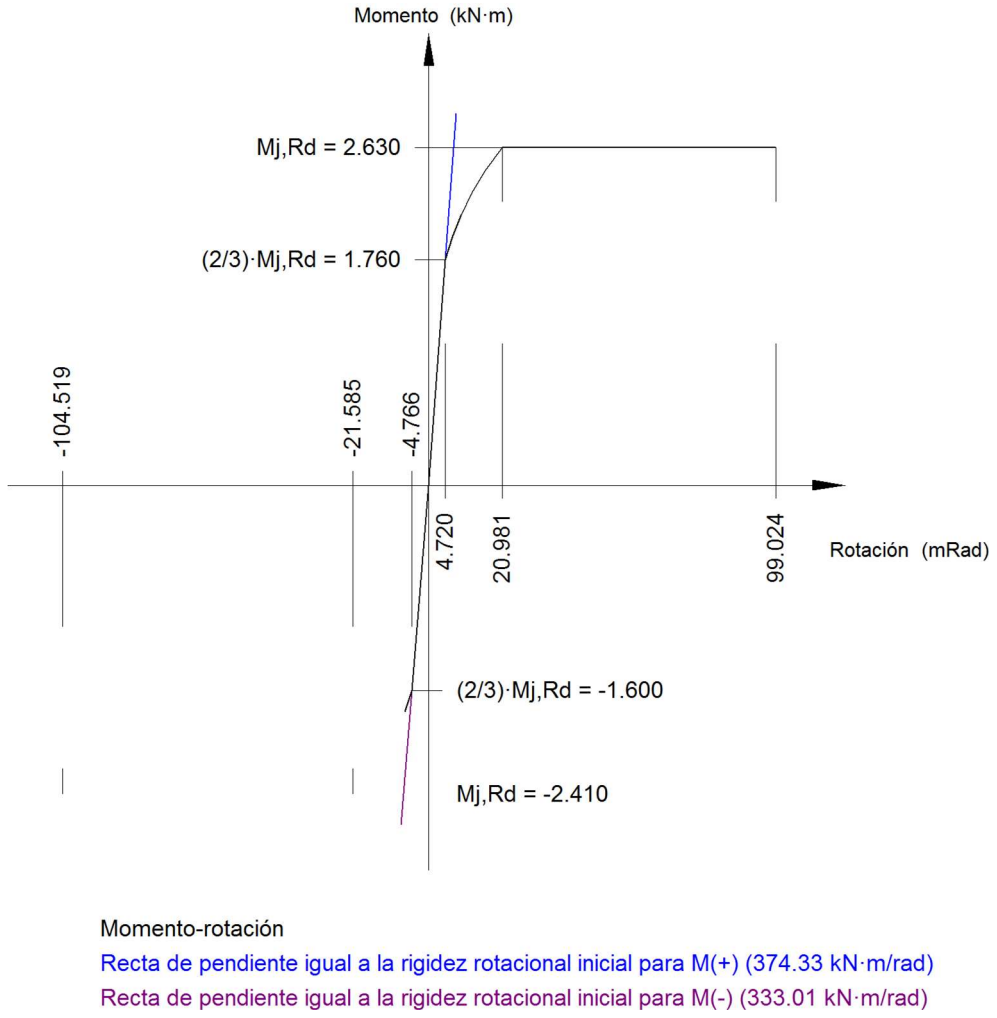


Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M12x30-8.8	13.0	--	24	41	53	23.6
2	ISO 4017-M12x30-8.8	13.0	--	24	41	53	23.6
3	ISO 4017-M12x30-8.8	13.0	--	24	41	53	23.6
4	ISO 4017-M12x30-8.8	13.0	--	24	41	53	23.6
--: La comprobación no procede.							

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	0.390	26.976	1.45	Vástago	2.287	48.557	4.71	4.81	4.81
	Aplastamiento	0.390	38.133	1.02	Punzonamiento	2.287	56.430	4.05		
2	Sección transversal	0.390	26.976	1.45	Vástago	2.287	48.557	4.71	4.81	4.81
	Aplastamiento	0.390	38.133	1.02	Punzonamiento	2.287	56.430	4.05		
3	Sección transversal	0.390	26.976	1.45	Vástago	2.128	48.557	4.38	4.58	4.58
	Aplastamiento	0.343	38.133	0.90	Punzonamiento	2.128	56.430	3.77		
4	Sección transversal	0.390	26.976	1.45	Vástago	2.128	48.557	4.38	4.58	4.58
	Aplastamiento	0.343	38.133	0.90	Punzonamiento	2.128	56.430	3.77		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	296.42	374.33
Calculada para momentos negativos	296.42	333.01

Comportamiento de la unión para flexión simple en el plano xz



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	0.33	1.80	18.59
Momento resistente	kNm	0.00	2.63	0.00
Capacidad de rotación	mm	5.00	7.37	67.86

d) Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	3	540

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Chapas	1	100x240x5	0.55
			Total	0.55

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	4	ISO 4017-M12x30
Tuercas	Clase 8	4	ISO 4032-M12
Arandelas	Dureza 200 HV	8	ISO 7089-12

4.3. Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	3	540

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Chapas	1	100x240x5	0.55
			Total	0.55

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	4	ISO 4017-M12x30
Tuercas	Clase 8	4	ISO 4032-M12
Arandelas	Dureza 200 HV	8	ISO 7089-12

UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ANEXO 2:

COMPROBACIÓN ESTRUCTURAL: SEGUIDOR

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

AUTOR:

JAVIER SÁENZ DE ZÁITIGUI VISA

Índice Anexo 2 – Comprobación estructural: Seguidor

1. Datos de obra

En este apartado se nombran las normas aplicadas al cálculo de la estructura y la cimentación para ambas alternativas. Además, se describen las situaciones de proyecto y las combinaciones de carga aplicadas al cálculo de las estructuras.

1.1. Normas consideradas

Cimentación: EHE-08

Acero conformado: CTE DB SE-A

1.2. Estados límite

E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones E.L.U. de rotura. Acero conformado	CTE Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
Tensiones sobre el terreno Desplazamientos	Acciones características

1.2.1. Situaciones de proyecto

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

- Con coeficientes de combinación

$$\sum_{j\geq 1}\gamma_{Gj}G_{kj}+\gamma_P P_k+\gamma_{Q1}\Psi_{p1}Q_{k1}+\sum_{i>1}\gamma_{Qi}\Psi_{ai}Q_{ki}$$

- Sin coeficientes de combinación

$$\sum_{j\geq 1}\gamma_{Gj}G_{kj}+\gamma_P P_k+\sum_{i\geq 1}\gamma_{Qi}Q_{ki}$$

- Donde:

G_k Acción permanente
P_k Acción de pretensado
Q_k Acción variable
γ_G Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes
γ_P Coeficiente parcial de seguridad de la acción de pretensado
$\gamma_{Q,1}$ Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal
$\gamma_{Q,i}$ Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento
$\psi_{p,1}$ Coeficiente de combinación de la acción variable principal
$\psi_{a,i}$ Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:

E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones: EHE-08 / CTE DB-SE C

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.000	1.600	-	-
Viento (Q)	0.000	1.600	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.600	1.000	0.500

E.L.U. de rotura. Acero conformado: CTE DB SE-A

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Viento (Q)	0.000	1.500	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.500	1.000	0.500

Tensiones sobre el terreno

Característica		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Viento (Q)	0.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000

Desplazamientos

Característica		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Viento (Q)	0.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000

1.2.2. Combinaciones

- **Nombres de las hipótesis**

PP Peso propio
Vp Viento a presión
Vs Viento a succión
Nieve Nieve

- **E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones**

Comb.	PP	Vp	Vs	Nieve
1	1.000			
2	1.600			
3	1.000	1.600		
4	1.600	1.600		
5	1.000		1.600	
6	1.600		1.600	
7	1.000			1.600
8	1.600			1.600
9	1.000	0.960		1.600
10	1.600	0.960		1.600
11	1.000		0.960	1.600
12	1.600		0.960	1.600
13	1.000	1.600		0.800
14	1.600	1.600		0.800
15	1.000		1.600	0.800
16	1.600		1.600	0.800

- **E.L.U. de rotura. Acero conformado**

Comb.	PP	Vp	Vs	Nieve
1	0.800			
2	1.350			
3	0.800	1.500		
4	1.350	1.500		
5	0.800		1.500	
6	1.350		1.500	
7	0.800			1.500
8	1.350			1.500
9	0.800	0.900		1.500
10	1.350	0.900		1.500
11	0.800		0.900	1.500
12	1.350		0.900	1.500
13	0.800	1.500		0.750
14	1.350	1.500		0.750
15	0.800		1.500	0.750
16	1.350		1.500	0.750

- **Tensiones sobre el terreno**
- **Desplazamientos**

Comb.	PP	Vp	Vs	Nieve
1	1.000			
2	1.000	1.000		
3	1.000		1.000	
4	1.000			1.000
5	1.000	1.000		1.000
6	1.000		1.000	1.000

2. Seguidor – Mesas Interiores

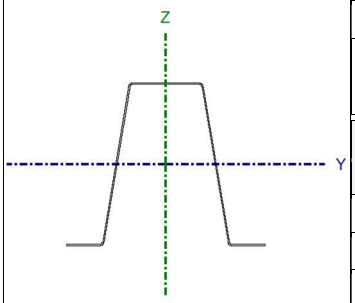
2.1. Resultados

2.1.1. Comprobaciones E.L.U. (Completo)

A continuación, se muestran las comprobaciones de cada tipo de barra. Para ello se escogen las barras más solicitadas de cada tipo. Del mismo modo que estas, se han comprobado todas las barras de la estructura.

2.1.1.1. Correa

Perfil: G 110x50x25x134x1.6
Material: Acero (S355)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y(1) (cm4)	I_z(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N354	N349	0.650	5.03	78.83	65.26	0.04

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	2.00	2.00	2.00	2.00
L_K	1.300	1.300	1.300	1.300
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

<u>Relación anchura / espesor</u> (CTE DB SE-A, Tabla 5.5 y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 5.2)

Se debe satisfacer:

$\mathbf{h}/\mathbf{t} \leq 90 \cdot \sin\phi$ — **h / t** : ***65.3*** ✓

$\mathbf{b_1}/\mathbf{t} \leq 250$ — **b_1 / t** : ***27.9*** ✓

$\mathbf{b_2}/\mathbf{t} \leq 30$ — **b_2 / t** : ***13.9*** ✓

Donde:

h: Altura de las almas.	**h** : *104.40*	mm
b_1: Ancho del ala interior.	**b_1** : *44.59*	mm
b_2: Ancho de las alas exteriores.	**b_2** : *22.30*	mm
t: Espesor.	**t** : *1.60*	mm
Ø: Ángulo que forma el alma con la horizontal.	**Ø** : *80.4*	grados

Nota: Las dimensiones no incluyen el acuerdo entre elementos.

Resistencia a flexión. Eje Y (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.150*** ✓

$$\eta = \frac{M^{-}_{Ed}}{M^{-}_{b,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.188*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N349, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Vp+0.75·Nieve.

$M_{y,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **$M_{y,Ed}^{+}$** : *0.72* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N349, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·Vs.

$M_{y,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **$M_{y,Ed}^{-}$** : *0.24* kN·m

La resistencia de cálculo a flexión **$M_{c,Rd}$** viene dada por:

$$M^{+}_{c,Rd} = \frac{W_{el} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}}$$

$M_{c,Rd}^{+}$: *4.85* kN·m

$$M^{-}_{c,Rd} = \frac{W^{-}_{eff} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}}$$

$M_{c,Rd}^{-}$: *4.47* kN·m

Donde:

W_{eff}^{-}: Módulo resistente eficaz correspondiente a la fibra de mayor tensión. **W_{eff}^{-}** : *13.23* cm³

W_{el}: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra de mayor tensión. **W_{el}** : *14.33* cm³

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_{yb}** : *355.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral del ala superior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

Ya que la esbeltez $\bar{\lambda}_{LT} \leq 0.40$, se puede ignorar el efecto del pandeo lateral, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

$\bar{\lambda}_{LT}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{el} \cdot f_{yb}}{M_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_{LT}$: *0.18*

Donde:

W_{el}: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra de mayor tensión. — W_{el} : *14.33* cm³

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_{yb} : *355.00* MPa

M_{cr}^+: Momento crítico elástico de pandeo lateral. — M_{cr}^+ : *158.19* kN·m

El momento crítico elástico de pandeo lateral **M_{cr}** se determina de la siguiente manera:

$$M_{cr} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_c^2} \cdot \left\{ \left[\left(\frac{k_z}{k_w} \right)^2 \cdot \frac{I_w}{I_z} + \frac{L_c^2 \cdot G \cdot I_t}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z} + \left(C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j \right)^2 \right]^{0.5} - \left(C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j \right) \right\}$$

M_{cr}^+ : *158.19* kN·m

Donde:

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. — I_z : *65.26* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. — I_t : *0.04* cm4

I_w: Constante de alabeo de la sección. — I_w : *243.19* cm6

E: Módulo de elasticidad. — E : *210000.00* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. — G : *81000.00* MPa

L_c^+: Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior. — L_c^+ : *1.300* m

C_1: Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra. — C_1 : *1.00*

C_2: Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra. — C_2 : *1.00*

C_3: Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra. — C_3 : *1.00*

k_z^+: Coeficiente de longitud eficaz, que depende de las restricciones al giro de la sección transversal en los extremos de la barra. — k_z^+ : *1.00*

k_w^+: Coeficiente de longitud eficaz, que depende de las restricciones al alabeo en los extremos de la barra. — k_w^+ : *1.00*

z_g: Distancia entre el punto de aplicación de la carga y el centro de esfuerzos cortantes, respecto al eje Z.

$$z_g = z_a - z_s$$

z_g : *0.00* mm

Siendo:

z_a: Distancia en la dirección del eje Z entre el punto de aplicación de la carga y el centro geométrico. — z_a : *87.74* mm

z_s: Distancia en la dirección del eje Z entre el centro de esfuerzos cortantes y el centro geométrico. — z_s : *87.74* mm

z_j: Parámetro de asimetría de la sección, respecto al eje Y.

$$z_j = z_s - 0.5 \cdot \int_A \left(y^2 + z^2 \right) \cdot \left(z / I_y \right) \cdot dA$$

z_j : *97.78* mm

Resistencia a pandeo lateral del ala inferior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

El momento flector resistente a pandeo lateral **$M_{b,Rd}^-$** viene dado por:

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot W_{eff} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M1}}$$

$M_{b,Rd}^-$: *1.28* kN·m

Donde:

W_{eff}^-: Módulo resistente eficaz correspondiente a la fibra de mayor tensión. — W_{eff}^- : *13.23* cm³

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_{yb} : *355.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M1} : *1.05*

χ_{LT}: Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \left(\bar{\lambda}_{LT} \right)^2}} \leq 1$$

χ_{LT} : *0.29*

Siendo:

$$\phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot \left(\bar{\lambda}_{LT} - 0.2\right) + \left(\bar{\lambda}_{LT}\right)^2\right]$$ ϕ_{LT} : *2.14*

α_{LT}: Coeficiente de imperfección elástica. α_{LT} : *0.34*

$\bar{\lambda}_{LT}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{eff} \cdot f_{yb}}{M_{cr}}}$$ $\bar{\lambda}_{LT}$: *1.67*

El momento crítico elástico de pandeo lateral $\mathbf{M_{cr}}$ se determina de la siguiente manera:

$$\mathbf{M_{cr}} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_c^2} \cdot \left\{\left[\left(\frac{k_z}{k_w}\right)^2 \cdot \frac{I_w}{I_z} + \frac{L_c^2 \cdot G \cdot I_t}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z} + \left(C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j\right)^2\right]^{0.5} - \left(C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j\right)\right\}$$ $\mathbf{M_{cr}^-}$: *1.68* kN·m

Donde:

$\mathbf{I_z}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. $\mathbf{I_z}$: *65.26* cm4

$\mathbf{I_t}$: Momento de inercia a torsión uniforme. $\mathbf{I_t}$: *0.04* cm4

$\mathbf{I_w}$: Constante de alabeo de la sección. $\mathbf{I_w}$: *243.19* cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000.00* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *81000.00* MPa

$\mathbf{L_c^-}$: Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior. $\mathbf{L_c^-}$: *1.300* m

$\mathbf{C_1}$: Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra. $\mathbf{C_1}$: *1.00*

$\mathbf{C_2}$: Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra. $\mathbf{C_2}$: *1.00*

$\mathbf{C_3}$: Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra. $\mathbf{C_3}$: *1.00*

$\mathbf{k_z^-}$: Coeficiente de longitud eficaz, que depende de las restricciones al giro de la sección transversal en los extremos de la barra. $\mathbf{k_z^-}$: *1.00*

$\mathbf{k_w^-}$: Coeficiente de longitud eficaz, que depende de las restricciones al alabeo en los extremos de la barra. $\mathbf{k_w^-}$: *1.00*

$\mathbf{z_g}$: Distancia entre el punto de aplicación de la carga y el centro de esfuerzos cortantes, respecto al eje Z.

$$\mathbf{z_g} = z_a - z_s$$ $\mathbf{z_g}$: *0.00* mm

Siendo:

$\mathbf{z_a}$: Distancia en la dirección del eje Z entre el punto de aplicación de la carga y el centro geométrico. $\mathbf{z_a}$: *87.74* mm

$\mathbf{z_s}$: Distancia en la dirección del eje Z entre el centro de esfuerzos cortantes y el centro geométrico. $\mathbf{z_s}$: *87.74* mm

$\mathbf{z_j}$: Parámetro de asimetría de la sección, respecto al eje Y.

$$\mathbf{z_j} = z_s - 0.5 \cdot \int_A \left(y^2 + z^2\right) \cdot \left(z/I_y\right) \cdot dA$$ $\mathbf{z_j}$: *-97.78* mm

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.038*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N349, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Vp+0.75·Nieve.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. — V_{Ed} : *2.23* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{b,Rd}$** viene dado por:

$$V_{b,Rd} = \frac{\frac{2 \cdot h_w}{\sin\phi} \cdot t \cdot f_{bv}}{\gamma_{M0}}$$

$V_{b,Rd}$: *58.30* kN

Donde:

h_w: Altura del alma. — h_w : *107.27* mm

t: Espesor. — t : *1.60* mm

ϕ: Ángulo que forma el alma con la horizontal. — ϕ : *80.4* grados

f_{bv}: Resistencia a cortante, teniendo en cuenta el pandeo.

$$0.83 < \bar{\lambda}_w < 1.40 \rightarrow f_{bv} = 0.48 \cdot f_{yb} / \bar{\lambda}_w$$

f_{bv} : *175.85* MPa

Siendo:

$\bar{\lambda}_w$: Esbeltez relativa del alma.

$$\bar{\lambda}_w = 0.346 \cdot \frac{s_w}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}}$$

$\bar{\lambda}_w$: *0.97*

Donde:

s_w: Longitud de las almas. — s_w : *108.98* mm

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_{yb} : *355.00* MPa

E: Módulo de elasticidad. — E : *210000.00* MPa

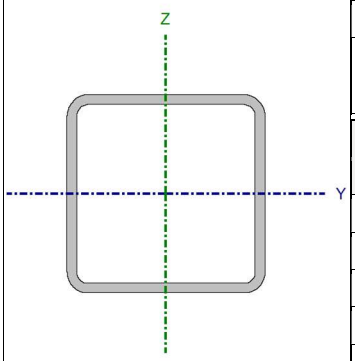
γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a tracción y flexión
Resistencia a compresión y flexión
Resistencia a cortante, axil y flexión
Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante
Resistencia a flexión. Eje Z
Resistencia a flexión biaxial
Resistencia a corte Y
Limitación de esbeltez
Resistencia a tracción
Resistencia a compresión

Estas comprobaciones no proceden.

2.1.1.2. Poste estándar

Perfil: # 75x8.59
Material: Acero (S355)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y(1) (cm4)	I_z(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N381	N119	1.500	10.94	89.81	89.81	147.13

Notas:
(1) *Inercia respecto al eje indicado*
(2) *Momento de inercia a torsión uniforme*

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	2.00	2.00	2.00	2.00
L_K	3.000	3.000	3.000	3.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: ***1.37*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *1*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *10.94* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *355.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *206.83* kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *206.83* kN

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : *206.83* kN

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : *72576.05* kN

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y :	*89.81*	cm4
I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z :	*89.81*	cm4
I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t :	*147.13*	cm4
I_w: Constante de alabeo de la sección.	I_w :	*0.42*	cm6
E: Módulo de elasticidad.	E :	*210000*	MPa
G: Módulo de elasticidad transversal.	G :	*81000*	MPa
L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} :	*3.000*	m
L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} :	*3.000*	m
L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} :	*3.000*	m
i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_0 :	*4.05*	cm

$$i_0 = \left(i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2\right)^{0.5}$$

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y :	*2.87*	cm
	i_z :	*2.87*	cm
y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	y_0 :	*0.00*	mm
	z_0 :	*0.00*	mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

16.75 ≤ 237.21 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma.	h_w :	*67.00*	mm
t_w: Espesor del alma.	t_w :	*4.00*	mm
A_w: Área del alma.	A_w :	*5.36*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$:	*3.00*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k :	*0.30*	
E: Módulo de elasticidad.	E :	*210000*	MPa
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} :	*355.00*	MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.003*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N119, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·Vs.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *0.93* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{t,Rd}$: *369.82* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *10.94* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *338.10* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *355.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.015*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.042*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N381, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Vp.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *5.62* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{c,Rd}$: *369.82* kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *1*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *10.94* cm²

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *338.10* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *355.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $\mathbf{N_{b,Rd}}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$\mathbf{N_{b,Rd}} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$\mathbf{N_{b,Rd}}$: *133.31* kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *10.94* cm²

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *338.10* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *355.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \left(\bar{\lambda}\right)^2}} \leq 1$$

χ_y : *0.36*
χ_z : *0.36*
χ_T : *1.00*

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(\bar{\lambda} - 0.2\right) + \left(\bar{\lambda}\right)^2\right]$$

ϕ_y : *1.73*
ϕ_z : *1.73*
ϕ_T : *0.47*

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : *0.49*
α_z : *0.49*
α_T : *0.49*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_y$: *1.37*
$\bar{\lambda}_z$: *1.37*
$\bar{\lambda}_T$: *0.07*

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: $\mathbf{N_{cr}}$: *206.83* kN

$\mathbf{N_{cr,y}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,y}}$: *206.83* kN

$\mathbf{N_{cr,z}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $\mathbf{N_{cr,z}}$: *206.83* kN

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : *72576.05* kN

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.798*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N381, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·Vs.

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{+}** : *6.13* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N381, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·Vp.

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{-}** : *8.17* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: *10.24* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,z}$** : *30.28* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *338.10* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *355.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.050*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·Vp.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *5.45* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$ viene dado por:

$$\mathbf{V_{c,Rd}} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: *108.89* kN

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. — $\mathbf{A_v}$: *5.58* cm²

$$\mathbf{A_V} = A - 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

A: Área de la sección bruta. — **A** : *10.94* cm²

d: Altura del alma. — **d** : *67.00* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. — $\mathbf{t_w}$: *4.00* mm

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. — $\mathbf{f_{yd}}$: *338.10* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — $\mathbf{f_y}$: *355.00* MPa

$\gamma_{\mathbf{M0}}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. — $\gamma_{\mathbf{M0}}$: *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{\mathbf{b}}{\mathbf{t_f}} < 70 \cdot \varepsilon$$

18.75 < **56.95** ✓

Donde:

$\lambda_{\mathbf{w}}$: Esbeltez del alma. — $\lambda_{\mathbf{w}}$: *18.75*

$$\lambda_w = \frac{b}{t_f}$$

$\lambda_{\mathbf{máx}}$: Esbeltez máxima. — $\lambda_{\mathbf{máx}}$: *56.95*

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción. — ε : *0.81*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

$\mathbf{f_{ref}}$: Límite elástico de referencia. — $\mathbf{f_{ref}}$: *235.00* MPa

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — $\mathbf{f_y}$: *355.00* MPa

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

5.45 kN ≤ 54.44 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N381, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·Vp.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *5.45* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *108.89* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

η : ***0.813*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

η : ***0.537*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

η : ***0.867*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N381, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Vp.

Donde:

$\mathbf{N_{c,Ed}}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{c,Ed}}$: *5.62* kN

$\mathbf{M_{y,Ed}}$, $\mathbf{M_{z,Ed}}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.
$\mathbf{M_{y,Ed}^{+}}$: *0.00* kN·m
$\mathbf{M_{z,Ed}^{-}}$: *8.17* kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : *1*

$\mathbf{N_{pl,Rd}}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. $\mathbf{N_{pl,Rd}}$: *369.82* kN

$\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$, $\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.
$\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$: *10.24* kN·m
$\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$: *10.24* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. **A** : *10.94* cm²

$\mathbf{W_{pl,y}}$: *30.28* cm³

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. — $W_{pl,z}$: *30.28* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. — f_{yd} : *338.10* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : *355.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M1} : *1.05*

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + \left(\bar{\lambda}_y - 0.2\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

k_y : *1.03*

$$k_z = 1 + \left(\bar{\lambda}_z - 0.2\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

k_z : *1.03*

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente. — $C_{m,y}$: *1.00*, $C_{m,z}$: *1.00*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. — χ_y : *0.36*, χ_z : *0.36*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente. — $\bar{\lambda}_y$: *1.37*, $\bar{\lambda}_z$: *1.37*

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección. — α_y : *0.60*, α_z : *0.60*

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N381, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·Vp.

$$V_{Ed,y} \leq \frac{V_{c,Rd,y}}{2}$$

5.45 kN ≤ 54.44 kN ✓

Donde:

$V_{Ed,y}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. — $V_{Ed,y}$: *5.45* kN

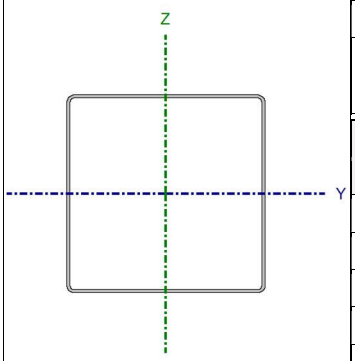
$V_{c,Rd,y}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. — $V_{c,Rd,y}$: *108.89* kN

Resistencia a torsión
Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
Resistencia a corte Z
Resistencia a flexión eje Y

Estas comprobaciones no proceden

2.1.1.3. Tubo de torque

Perfil: # 100x6.07
Material: Acero (S355)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y(1) (cm4)	I_z(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N343	N349	1.014	7.73	122.91	122.91	190.55

Notas:
(1) *Inercia respecto al eje indicado*
(2) *Momento de inercia a torsión uniforme*

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	5.60	5.60	5.60	5.60
L_K	5.679	5.679	5.679	5.679
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

48.00 ≤ 450.82 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma.	**h_w** :	*96.00*	mm
t_w: Espesor del alma.	**t_w** :	*2.00*	mm
A_w: Área del alma.	**A_w** :	*3.84*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	**$A_{fc,ef}$** :	*2.00*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	**k** :	*0.55*	
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	**f_{yf}** :	*355.00*	MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.916*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N349, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·Vs.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^+** : *1.90* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N349, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Vp+0.75·Nieve.

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^-** : *6.48* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{ef,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: *7.07* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *4*

$W_{ef,y}$: Módulo resistente elástico de la sección eficaz correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 4. **$W_{ef,y}$** : *20.91* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *338.10* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *355.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.057*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N349, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·Vp+1.5·Nieve.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *4.26* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$: *74.96* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *3.84* cm²

$$A_V = 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

d: Altura del alma. **d** : *96.00* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *2.00* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *338.10* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *355.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

48.00 < 56.95 ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. **λ_w** : *48.00*

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. **$\lambda_{máx}$** : *56.95*

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción. **ε** : *0.81*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. **f_{ref}** : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *355.00* MPa

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **$V_{c,Rd}$**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

4.18 kN ≤ 37.48 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·Vp+1.5·Nieve.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *4.18* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *74.96* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
Resistencia a flexión y axil combinados
Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
Resistencia a torsión
Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
Resistencia a corte Y
Resistencia a flexión eje Z
Resistencia a tracción
Resistencia a compresión
Limitación de esbeltez

Estas comprobaciones no proceden

2.1.2. Comprobaciones E.L.U. (Resumido)

En este apartado se muestra que se han comprobado todas las barras de la estructura de la forma que se describe en el apartado anterior. En la tabla se muestra el resultado de cada comprobación para todas las barras existentes en la estructura, las cuales están descritas de forma que se muestran los nodos de origen y de destino.

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	
N3/N1	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 12.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 2.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 12.8**
N1/N2	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 12.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 2.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 12.8**
N9/N7	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 18.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 3.8	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 18.8**
N7/N8	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 18.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 3.8	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 18.8**
N15/N13	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 3.5	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 0.9	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 3.5**
N13/N14	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 3.5	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 0.9	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 3.5**
N21/N19	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N19/N20	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N27/N25	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N25/N26	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N33/N31	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N31/N32	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N39/N37	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N37/N38	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N45/N43	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N43/N44	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N51/N49	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N49/N50	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N57/N55	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	
N55/N56	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N63/N61	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N61/N62	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N69/N67	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N67/N68	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N75/N73	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N73/N74	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N81/N79	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N79/N80	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N87/N85	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N85/N86	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N93/N91	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N91/N92	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N99/N97	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N97/N98	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N105/N103	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N103/N104	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N111/N109	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N109/N110	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N117/N115	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N115/N116	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N123/N121	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N121/N122	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N129/N127	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N127/N128	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N135/N133	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N133/N134	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N141/N139	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N139/N140	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N147/N145	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N145/N146	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N153/N151	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N151/N152	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N159/N157	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 3.5	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 0.9	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 3.5**
N157/N158	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 3.5	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 0.9	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 3.5**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	
N165/N163	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 18.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 3.8	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 18.8**
N163/N164	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 18.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 3.8	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 18.8**
N171/N169	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 12.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 2.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 12.8**
N169/N170	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 12.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 2.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 12.8**
N177/N175	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.1	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.3	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.1**
N175/N176	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.1	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.3	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.1**
N4/N5	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N5/N6	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N10/N11	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N11/N12	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N16/N17	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N17/N18	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N22/N23	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N23/N24	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N28/N29	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N29/N30	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N34/N35	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N35/N36	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N40/N41	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N41/N42	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N46/N47	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N47/N48	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N52/N53	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N53/N54	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N58/N59	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N59/N60	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	
N64/N65	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N65/N66	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N70/N71	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N71/N72	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N76/N77	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N77/N78	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N82/N83	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N83/N84	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N88/N89	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N89/N90	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N94/N95	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N95/N96	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N100/N101	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N101/N102	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N106/N107	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N107/N108	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N112/N113	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N113/N114	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N118/N119	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N119/N120	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N124/N125	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N125/N126	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N130/N131	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N131/N132	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N136/N137	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	
N137/N138	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N142/N143	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N143/N144	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N148/N149	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N149/N150	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N154/N155	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N155/N156	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N160/N161	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N161/N162	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N166/N167	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N167/N168	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N172/N173	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N173/N174	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N178/N179	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η < 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 4.1	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 0.5	x: 0.65 m η = 7.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 7.9**
N179/N180	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.3	x: 0 m η = 4.1	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 0.5	N.P.(7)	x: 0 m η = 8.4	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 8.4**
N186/N181	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.1	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.3	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.1**
N181/N185	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.1	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.3	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.1**
N184/N182	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η < 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 4.1	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 0.5	x: 0.65 m η = 7.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 7.9**
N182/N183	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.3	x: 0 m η = 4.1	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 0.5	N.P.(7)	x: 0 m η = 8.4	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 8.4**
N192/N187	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 12.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 2.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 12.8**
N187/N191	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 12.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 2.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 12.8**
N190/N188	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N188/N189	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N198/N193	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 18.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 3.8	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 18.8**
N193/N197	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 18.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 3.8	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 18.8**
N196/N194	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	
N194/N195	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N204/N199	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 3.5	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 0.9	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 3.5**
N199/N203	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 3.5	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 0.9	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 3.5**
N202/N200	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N200/N201	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N210/N205	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N205/N209	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N208/N206	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N206/N207	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N216/N211	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N211/N215	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N214/N212	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N212/N213	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N222/N217	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N217/N221	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N220/N218	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N218/N219	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N228/N223	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N223/N227	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N226/N224	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N224/N225	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N234/N229	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N229/N233	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N232/N230	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N230/N231	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N240/N235	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N235/N239	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N238/N236	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N236/N237	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	
N246/N241	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N241/N245	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N244/N242	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N242/N243	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N252/N247	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N247/N251	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N250/N248	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N248/N249	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N258/N253	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N253/N257	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N256/N254	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N254/N255	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N264/N259	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N259/N263	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N262/N260	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N260/N261	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N270/N265	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N265/N269	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N268/N266	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N266/N267	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N276/N271	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N271/N275	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N274/N272	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N272/N273	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N282/N277	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N277/N281	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N280/N278	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N278/N279	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N288/N283	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	
N283/N287	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N286/N284	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N284/N285	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N294/N289	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N289/N293	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N292/N290	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N290/N291	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N300/N295	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N295/N299	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N298/N296	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N296/N297	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N306/N301	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N301/N305	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N304/N302	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N302/N303	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N312/N307	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N307/N311	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N310/N308	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N308/N309	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N318/N313	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N313/N317	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N316/N314	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N314/N315	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N324/N319	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N319/N323	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N322/N320	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N320/N321	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N330/N325	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N325/N329	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	
N328/N326	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N326/N327	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N336/N331	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N331/N335	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N334/N332	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N332/N333	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N342/N337	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N337/N341	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.2	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.2**
N340/N338	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N338/N339	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N348/N343	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 3.5	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 0.9	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 3.5**
N343/N347	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 3.5	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 0.9	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 3.5**
N346/N344	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N344/N345	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N354/N349	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 18.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 3.8	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 18.8**
N349/N353	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 18.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 3.8	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 18.8**
N352/N350	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N350/N351	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N360/N355	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 12.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 2.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 12.8**
N355/N359	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 12.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 2.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 12.8**
N358/N356	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.0	x: 0.65 m η = 14.0	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.0**
N356/N357	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 8.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.0	N.P.(7)	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 14.8**
N367/N368	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.1	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.3	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.1**
N368/N369	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.1	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.3	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.1**
N372/N371	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η < 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 4.1	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 0.5	x: 0.65 m η = 7.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 7.9**
N371/N370	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.3	x: 0 m η = 4.1	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 0.5	N.P.(7)	x: 0 m η = 8.4	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 8.4**
N366/N365	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η < 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 4.1	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 0.5	x: 0.65 m η = 7.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 7.9**
N365/N364	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.3	x: 0 m η = 4.1	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 0.5	N.P.(7)	x: 0 m η = 8.4	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 8.4**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	
N361/N362	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 6.1	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.3	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.1**
N362/N363	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 6.1	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.3	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 6.1**

Notación:
b / t: Relación anchura / espesor
$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_y: Resistencia a flexión. Eje Y
M_z: Resistencia a flexión. Eje Z
M_yM_z: Resistencia a flexión biaxial
V_y: Resistencia a corte Y
V_z: Resistencia a corte Z
$N_tM_yM_z$: Resistencia a tracción y flexión
$N_cM_yM_z$: Resistencia a compresión y flexión
$NM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a cortante, axil y flexión
$M_tNM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.
(2) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.
(3) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
(4) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
(5) La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación.
(6) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
(7) No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(8) No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(9) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(10) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

2.2. Cimentación

2.2.1. Descripción

Referencias	Geometría
N384, N385, N386, N387, N388, N383, N382, N381, N380, N379 y N378	Zapata de hormigón en masa rectangular centrada Ancho zapata X: 160.0 cm Ancho zapata Y: 110.0 cm Canto: 40.0 cm

2.2.2. Medición

Referencias: N384, N385, N386, N387, N388, N383, N382, N381, N380, N379 y N378
Sin armado

Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

Elemento	Hormigón (m³) HA-25, Yc=1.5
Referencias: N384, N385, N386, N387, N388, N383, N382, N381, N380, N379 y N378	11x0.70
Totales	7.74

2.2.3. Comprobación

Referencia: N384 Dimensiones: 160 x 110 x 40		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros* - Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0109872 MPa	Cumple

Referencia: N384 Dimensiones: 160 x 110 x 40		
Comprobación	Valores	Estado
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.00981 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0220725 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: - En dirección X: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.* - En dirección Y *(1)* *(1) Sin momento de vuelco*	Reserva seguridad: 87.9 %	Cumple No procede
Flexión en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Momento: 5.23 kN·m Momento: 0.00 kN·m	Cumple Cumple
Cortante en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Tensión tangencial: 0.03 MPa Tensión tangencial: 0.00 MPa	Cumple Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 47.9 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 35 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N384:	Mínimo: 0 cm Calculado: 35 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N385 Dimensiones: 160 x 110 x 40		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros* - Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0131454 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0100062 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0263889 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata:		

Referencia: N385 Dimensiones: 160 x 110 x 40		
Comprobación	Valores	Estado
- En dirección X: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.* - En dirección Y *(1)* *(1) Sin momento de vuelco*	Reserva seguridad: 48.7 %	Cumple No procede
Flexión en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Momento: 7.42 kN·m Momento: 0.00 kN·m	Cumple Cumple
Cortante en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Tensión tangencial: 0.05 MPa Tensión tangencial: 0.00 MPa	Cumple Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 60.9 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 35 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N385:	Mínimo: 0 cm Calculado: 35 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N386 Dimensiones: 160 x 110 x 40		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros* - Tensión media en situaciones persistentes: - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0126549 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0100062 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0254079 MPa	Cumple Cumple Cumple
Vuelco de la zapata: - En dirección X: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.* - En dirección Y *(1)*	Reserva seguridad: 56.1 %	Cumple No procede

Referencia: N386 Dimensiones: 160 x 110 x 40		
Comprobación	Valores	Estado
(1) Sin momento de vuelco		
Flexión en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	 Momento: 6.96 kN·m Momento: 0.00 kN·m	 Cumple Cumple
Cortante en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	 Tensión tangencial: 0.04 MPa Tensión tangencial: 0.00 MPa	 Cumple Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	 Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 57.7 kN/m²	 Cumple
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 35 cm Calculado: 40 cm	 Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N386:	Mínimo: 0 cm Calculado: 35 cm	 Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N387 Dimensiones: 160 x 110 x 40		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros* - Tensión media en situaciones persistentes: - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	 Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0132435 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0100062 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.026487 MPa	 Cumple Cumple Cumple
Vuelco de la zapata: - En dirección X: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.* - En dirección Y *(1)* *(1) Sin momento de vuelco*	Reserva seguridad: 47.6 %	Cumple No procede
Flexión en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	 Momento: 7.51 kN·m Momento: 0.00 kN·m	 Cumple Cumple
Cortante en la zapata:		

Referencia: N387 Dimensiones: 160 x 110 x 40		
Comprobación	Valores	Estado
- En dirección X: - En dirección Y:	Tensión tangencial: 0.05 MPa Tensión tangencial: 0.00 MPa	Cumple Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 60.3 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 35 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N387:	Mínimo: 0 cm Calculado: 35 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N388 Dimensiones: 160 x 110 x 40		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros* - Tensión media en situaciones persistentes: - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0110853 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0099081 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0221706 MPa	Cumple Cumple Cumple
Vuelco de la zapata: - En dirección X: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.* - En dirección Y *(1)* *(1) Sin momento de vuelco*	Reserva seguridad: 92.8 %	Cumple No procede
Flexión en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Momento: 5.22 kN·m Momento: 0.00 kN·m	Cumple Cumple
Cortante en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Tensión tangencial: 0.03 MPa Tensión tangencial: 0.00 MPa	Cumple Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 52.2 kN/m²	Cumple

Referencia: N388 Dimensiones: 160 x 110 x 40		
Comprobación	Valores	Estado
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 35 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N388:	Mínimo: 0 cm Calculado: 35 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N383 Dimensiones: 160 x 110 x 40		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0103005 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0097119 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.01962 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: - En dirección X: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*	Reserva seguridad: 114.8 %	Cumple
- En dirección Y *(1)* *(1) Sin momento de vuelco*		No procede
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 3.97 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 0.00 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Tensión tangencial: 0.02 MPa	Cumple
- En dirección Y:	Tensión tangencial: 0.00 MPa	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 26.4 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 35 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N383:	Mínimo: 0 cm Calculado: 35 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N382 Dimensiones: 160 x 110 x 40		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0110853 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0099081 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0221706 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: - En dirección X: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*	Reserva seguridad: 92.8 %	Cumple
- En dirección Y *(1)* *(1) Sin momento de vuelco*		No procede
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 5.22 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 0.00 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Tensión tangencial: 0.03 MPa	Cumple
- En dirección Y:	Tensión tangencial: 0.00 MPa	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 52.2 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 35 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N382:	Mínimo: 0 cm Calculado: 35 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N381 Dimensiones: 160 x 110 x 40		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0132435 MPa	Cumple

Referencia: N381 Dimensiones: 160 x 110 x 40		
Comprobación	Valores	Estado
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0100062 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.026487 MPa	Cumple Cumple
Vuelco de la zapata: - En dirección X: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.* - En dirección Y *(1)* *(1) Sin momento de vuelco*	Reserva seguridad: 47.6 %	Cumple No procede
Flexión en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Momento: 7.51 kN·m Momento: 0.00 kN·m	Cumple Cumple
Cortante en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Tensión tangencial: 0.05 MPa Tensión tangencial: 0.00 MPa	Cumple Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 60.3 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 35 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N381:	Mínimo: 0 cm Calculado: 35 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N380 Dimensiones: 160 x 110 x 40		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros* - Tensión media en situaciones persistentes: - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0126549 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0100062 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0254079 MPa	Cumple Cumple Cumple
Vuelco de la zapata:		

Referencia: N380 Dimensiones: 160 x 110 x 40		
Comprobación	Valores	Estado
- En dirección X: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.* - En dirección Y *(1)* *(1) Sin momento de vuelco*	Reserva seguridad: 56.1 %	Cumple No procede
Flexión en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Momento: 6.96 kN·m Momento: 0.00 kN·m	Cumple Cumple
Cortante en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Tensión tangencial: 0.04 MPa Tensión tangencial: 0.00 MPa	Cumple Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 57.7 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 35 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N380:	Mínimo: 0 cm Calculado: 35 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N379 Dimensiones: 160 x 110 x 40		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros* - Tensión media en situaciones persistentes: - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0131454 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0100062 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0263889 MPa	Cumple Cumple Cumple
Vuelco de la zapata: - En dirección X: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.* - En dirección Y *(1)*	Reserva seguridad: 48.7 %	Cumple No procede

Referencia: N379 Dimensiones: 160 x 110 x 40		
Comprobación	Valores	Estado
(1) Sin momento de vuelco		
Flexión en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	 Momento: 7.42 kN·m Momento: 0.00 kN·m	 Cumple Cumple
Cortante en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	 Tensión tangencial: 0.05 MPa Tensión tangencial: 0.00 MPa	 Cumple Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	 Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 60.9 kN/m²	 Cumple
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 35 cm Calculado: 40 cm	 Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N379:	Mínimo: 0 cm Calculado: 35 cm	 Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N378 Dimensiones: 160 x 110 x 40		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros* - Tensión media en situaciones persistentes: - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	 Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0109872 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.00981 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0220725 MPa	 Cumple Cumple Cumple
Vuelco de la zapata: - En dirección X: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.* - En dirección Y *(1)* *(1) Sin momento de vuelco*	Reserva seguridad: 87.9 %	Cumple No procede
Flexión en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	 Momento: 5.23 kN·m Momento: 0.00 kN·m	 Cumple Cumple
Cortante en la zapata:		

Referencia: N378 Dimensiones: 160 x 110 x 40		
Comprobación	Valores	Estado
- En dirección X: - En dirección Y:	Tensión tangencial: 0.03 MPa Tensión tangencial: 0.00 MPa	Cumple Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 47.9 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 35 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N378:	Mínimo: 0 cm Calculado: 35 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

3. Seguidor – Mesas Exteriores

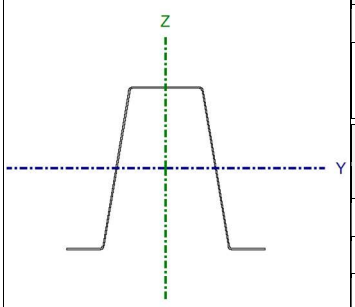
3.1. Resultados

3.1.1. Comprobaciones E.L.U. (Completo)

A continuación se muestran las comprobaciones de cada tipo de barra. Para ello se escogen las barras más solicitadas de cada tipo. Del mismo modo que estas, se han comprobado todas las barras de la estructura.

3.1.1.1. Correa

Perfil: G 110x50x25x134x1.6
Material: Acero (S355)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y(1) (cm4)	I_z(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N163	N164	0.650	5.03	78.83	65.26	0.04

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	2.00	2.00	2.00	2.00
L_K	1.300	1.300	1.300	1.300
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Relación anchura / espesor (CTE DB SE-A, Tabla 5.5 y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 5.2)

Se debe satisfacer:

$\mathbf{h}/\mathbf{t} \leq 90 \cdot \sin\phi$ — **h / t** : ***65.3*** ✓

$\mathbf{b_1}/\mathbf{t} \leq 250$ — **b_1 / t** : ***27.9*** ✓

$\mathbf{b_2}/\mathbf{t} \leq 30$ — **b_2 / t** : ***13.9*** ✓

Donde:

h: Altura de las almas. — **h** : *104.40* mm
b_1: Ancho del ala interior. — **b_1** : *44.59* mm
b_2: Ancho de las alas exteriores. — **b_2** : *22.30* mm
t: Espesor. — **t** : *1.60* mm
Ø: Ángulo que forma el alma con la horizontal. — **Ø** : *80.4* grados
Nota: Las dimensiones no incluyen el acuerdo entre elementos.

Resistencia a flexión. Eje Y (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.176*** ✓

$$\eta = \frac{M^{-}_{Ed}}{M^{-}_{b,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.335*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N163, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Vp+0.75·Nieve.

$M_{y,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **$M_{y,Ed}^{+}$** : *0.85* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N163, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·Vs.

$M_{y,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **$M_{y,Ed}^{-}$** : *0.43* kN·m

La resistencia de cálculo a flexión **$M_{c,Rd}$** viene dada por:

$$M^{+}_{c,Rd} = \frac{W_{el} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}}$$

$M_{c,Rd}^{+}$: *4.85* kN·m

$$M^{-}_{c,Rd} = \frac{W^{-}_{eff} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}}$$

$M_{c,Rd}^{-}$: *4.47* kN·m

Donde:

W_{eff}^{-}: Módulo resistente eficaz correspondiente a la fibra de mayor tensión. **W_{eff}^{-}** : *13.23* cm³

W_{el}: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra de mayor tensión. **W_{el}** : *14.33* cm³

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_{yb}** : *355.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral del ala superior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

Ya que la esbeltez $\bar{\lambda}_{LT} \leq 0.40$, se puede ignorar el efecto del pandeo lateral, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

$\bar{\lambda}_{LT}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{el} \cdot f_{yb}}{M_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_{LT}$: *0.18*

Donde:

W_{el}: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra de mayor tensión. **W_{el}** : *14.33* cm³

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_{yb} : *355.00* MPa

M_{cr}^+: Momento crítico elástico de pandeo lateral. — M_{cr}^+ : *158.19* kN·m

El momento crítico elástico de pandeo lateral **M_{cr}** se determina de la siguiente manera:

$$M_{cr} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_c^2} \cdot \left\{ \left[\left(\frac{k_z}{k_w} \right)^2 \cdot \frac{I_w}{I_z} + \frac{L_c^2 \cdot G \cdot I_t}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z} + \left(C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j \right)^2 \right]^{0.5} - \left(C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j \right) \right\}$$

M_{cr}^+ : *158.19* kN·m

Donde:

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. — I_z : *65.26* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. — I_t : *0.04* cm4

I_w: Constante de alabeo de la sección. — I_w : *243.19* cm6

E: Módulo de elasticidad. — E : *210000.00* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. — G : *81000.00* MPa

L_c^+: Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior. — L_c^+ : *1.300* m

C_1: Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra. — C_1 : *1.00*

C_2: Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra. — C_2 : *1.00*

C_3: Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra. — C_3 : *1.00*

k_z^+: Coeficiente de longitud eficaz, que depende de las restricciones al giro de la sección transversal en los extremos de la barra. — k_z^+ : *1.00*

k_w^+: Coeficiente de longitud eficaz, que depende de las restricciones al alabeo en los extremos de la barra. — k_w^+ : *1.00*

z_g: Distancia entre el punto de aplicación de la carga y el centro de esfuerzos cortantes, respecto al eje Z.

$$z_g = z_a - z_s$$

z_g : *0.00* mm

Siendo:

z_a: Distancia en la dirección del eje Z entre el punto de aplicación de la carga y el centro geométrico. — z_a : *87.74* mm

z_s: Distancia en la dirección del eje Z entre el centro de esfuerzos cortantes y el centro geométrico. — z_s : *87.74* mm

z_j: Parámetro de asimetría de la sección, respecto al eje Y.

$$z_j = z_s - 0.5 \cdot \int_A \left(y^2 + z^2 \right) \cdot \left(z / I_y \right) \cdot dA$$

z_j : *97.78* mm

Resistencia a pandeo lateral del ala inferior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

El momento flector resistente a pandeo lateral **$M_{b,Rd}^-$** viene dado por:

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot W_{eff} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M1}}$$

$M_{b,Rd}^-$: *1.28* kN·m

Donde:

W_{eff}^-: Módulo resistente eficaz correspondiente a la fibra de mayor tensión. — W_{eff}^- : *13.23* cm³

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_{yb} : *355.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M1} : *1.05*

χ_{LT}: Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \left(\bar{\lambda}_{LT} \right)^2}} \leq 1$$

χ_{LT} : *0.29*

Siendo:

$$\phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot \left(\bar{\lambda}_{LT} - 0.2\right) + \left(\bar{\lambda}_{LT}\right)^2\right]$$

ϕ_{LT} : 2.14

α_{LT}: Coeficiente de imperfección elástica. α_{LT} : 0.34

$\bar{\lambda}_{LT}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{eff} \cdot f_{yb}}{M_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_{LT}$: 1.67

El momento crítico elástico de pandeo lateral $\mathbf{M_{cr}}$ se determina de la siguiente manera:

$$\mathbf{M_{cr}} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_c^2} \cdot \left\{\left[\left(\frac{k_z}{k_w}\right)^2 \cdot \frac{I_w}{I_z} + \frac{L_c^2 \cdot G \cdot I_t}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z} + \left(C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j\right)^2\right]^{0.5} - \left(C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j\right)\right\}$$

$\mathbf{M_{cr}^-}$: 1.68 kN·m

Donde:

- $\mathbf{I_z}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. $\mathbf{I_z}$: 65.26 cm4
- $\mathbf{I_t}$: Momento de inercia a torsión uniforme. $\mathbf{I_t}$: 0.04 cm4
- $\mathbf{I_w}$: Constante de alabeo de la sección. $\mathbf{I_w}$: 243.19 cm6
- **E**: Módulo de elasticidad. **E** : 210000.00 MPa
- **G**: Módulo de elasticidad transversal. **G** : 81000.00 MPa
- $\mathbf{L_c^-}$: Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior. $\mathbf{L_c^-}$: 1.300 m
- $\mathbf{C_1}$: Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra. $\mathbf{C_1}$: 1.00
- $\mathbf{C_2}$: Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra. $\mathbf{C_2}$: 1.00
- $\mathbf{C_3}$: Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra. $\mathbf{C_3}$: 1.00
- $\mathbf{k_z^-}$: Coeficiente de longitud eficaz, que depende de las restricciones al giro de la sección transversal en los extremos de la barra. $\mathbf{k_z^-}$: 1.00
- $\mathbf{k_w^-}$: Coeficiente de longitud eficaz, que depende de las restricciones al alabeo en los extremos de la barra. $\mathbf{k_w^-}$: 1.00
- $\mathbf{z_g}$: Distancia entre el punto de aplicación de la carga y el centro de esfuerzos cortantes, respecto al eje Z.

$$\mathbf{z_g} = z_a - z_s$$

$\mathbf{z_g}$: 0.00 mm

Siendo:

- $\mathbf{z_a}$: Distancia en la dirección del eje Z entre el punto de aplicación de la carga y el centro geométrico. $\mathbf{z_a}$: 87.74 mm
- $\mathbf{z_s}$: Distancia en la dirección del eje Z entre el centro de esfuerzos cortantes y el centro geométrico. $\mathbf{z_s}$: 87.74 mm

$\mathbf{z_j}$: Parámetro de asimetría de la sección, respecto al eje Y.

$$\mathbf{z_j} = z_s - 0.5 \cdot \int_A \left(y^2 + z^2\right) \cdot \left(z/I_y\right) \cdot dA$$

$\mathbf{z_j}$: -97.78 mm

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} \leq 1$$

η : **0.045** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N163, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Vp+0.75·Nieve.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *2.63* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{b,Rd}$** viene dado por:

$$V_{b,Rd} = \frac{\frac{2 \cdot h_w}{\sin\phi} \cdot t \cdot f_{bv}}{\gamma_{M0}}$$

$V_{b,Rd}$: *58.30* kN

Donde:

h_w: Altura del alma. **h_w** : *107.27* mm

t: Espesor. **t** : *1.60* mm

ϕ: Ángulo que forma el alma con la horizontal. **ϕ** : *80.4* grados

f_{bv}: Resistencia a cortante, teniendo en cuenta el pandeo.

$$0.83 < \bar{\lambda}_w < 1.40 \rightarrow f_{bv} = 0.48 \cdot f_{yb} / \bar{\lambda}_w$$

f_{bv} : *175.85* MPa

Siendo:

$\bar{\lambda}_w$: Esbeltez relativa del alma.

$$\bar{\lambda}_w = 0.346 \cdot \frac{s_w}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}}$$

$\bar{\lambda}_w$: *0.97*

Donde:

s_w: Longitud de las almas. **s_w** : *108.98* mm

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_{yb}** : *355.00* MPa

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000.00* MPa

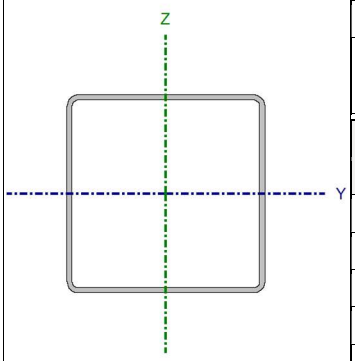
γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a tracción y flexión
Resistencia a compresión y flexión
Resistencia a cortante, axil y flexión
Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante
Resistencia a flexión. Eje Z
Resistencia a flexión biaxial
Resistencia a corte Y
Limitación de esbeltez
Resistencia a tracción
Resistencia a compresión

Estas comprobaciones no proceden.

3.1.1.2. Poste estándar

Perfil: # 100x8.96
Material: Acero (S355)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y(1) (cm4)	I_z(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N385	N314	1.500	11.40	176.77	176.77	278.63

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	2.00	2.00	2.00	2.00
L_K	3.000	3.000	3.000	3.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: ***1.00*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *3*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *11.40* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *355.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *407.08* kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *407.08* kN

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : *407.08* kN

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : *72791.68* kN

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	**I_y** :	*176.77*	cm4
I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	**I_z** :	*176.77*	cm4
I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.	**I_t** :	*278.63*	cm4
I_w: Constante de alabeo de la sección.	**I_w** :	*0.62*	cm6
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
G: Módulo de elasticidad transversal.	**G** :	*81000*	MPa
L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	**L_{ky}** :	*3.000*	m
L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	**L_{kz}** :	*3.000*	m
L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.	**L_{kt}** :	*3.000*	m
i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	**i_0** :	*5.57*	cm

$$i_0 = \left(i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2\right)^{0.5}$$

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	**i_y** :	*3.94*	cm
	i_z :	*3.94*	cm
y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	**y_0** :	*0.00*	mm
	z_0 :	*0.00*	mm

<u>Abolladura del alma inducida por el ala comprimida</u> (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \le k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

31.33 ≤ 446.10 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma.	**h_w** :	*94.00*	mm
t_w: Espesor del alma.	**t_w** :	*3.00*	mm
A_w: Área del alma.	**A_w** :	*5.64*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	**$A_{fc,ef}$** :	*3.00*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	**k** :	*0.55*	
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	**f_{yf}** :	*355.00*	MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.006*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N314, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·Vs.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *2.50* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{t,Rd}$: *385.52* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *11.40* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *338.10* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *355.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.017*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.031*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N385, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Vp.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *6.52* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{c,Rd}$: *385.52* kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *3*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *11.40* cm²

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *338.10* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *355.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $\mathbf{N_{b,Rd}}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$\mathbf{N_{b,Rd}} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$\mathbf{N_{b,Rd}}$: *208.79* kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *11.40* cm²

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *338.10* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *355.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \left(\bar{\lambda}\right)^2}} \leq 1$$

χ_y : *0.54*
χ_z : *0.54*
χ_T : *1.00*

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(\bar{\lambda} - 0.2\right) + \left(\bar{\lambda}\right)^2\right]$$

ϕ_y : *1.19*
ϕ_z : *1.19*
ϕ_T : *0.47*

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : *0.49*
α_z : *0.49*
α_T : *0.49*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_y$: *1.00*
$\bar{\lambda}_z$: *1.00*
$\bar{\lambda}_T$: *0.07*

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: $\mathbf{N_{cr}}$: *407.08* kN

$\mathbf{N_{cr,y}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,y}}$: *407.08* kN

$\mathbf{N_{cr,z}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $\mathbf{N_{cr,z}}$: *407.08* kN

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : *72791.68* kN

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.852*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N385, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·Vs.

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{+}** : *10.18* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N385, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·Vp.

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{-}** : *10.18* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{el,z} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: *11.95* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *3*

$W_{el,z}$: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 3. **$W_{el,z}$** : *35.35* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *338.10* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *355.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.060*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·Vs.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *6.79* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$ viene dado por:

$$\mathbf{V_{c,Rd}} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: *112.49* kN

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$: *5.76* cm²

$$\mathbf{A_V} = A - 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *11.40* cm²

d: Altura del alma. **d** : *94.00* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$: *3.00* mm

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *338.10* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *355.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{\mathbf{b}}{\mathbf{t_f}} < 70 \cdot \varepsilon$$

33.33 < **56.95** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *33.33*

$$\lambda_w = \frac{b}{t_f}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *56.95*

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción. ε : *0.81*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

$\mathbf{f_{ref}}$: Límite elástico de referencia. $\mathbf{f_{ref}}$: *235.00* MPa

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *355.00* MPa

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$ **6.79 kN ≤ 56.24 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N385, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·Vs.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *6.79* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *112.49* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,Rd,z}} \leq 1$$ η : ***0.869*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{el,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{el,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$ η : ***0.899*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{el,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{el,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$ η : ***0.899*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N385, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Vp.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *6.52* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. **$M_{y,Ed}^{+}$** : *0.00* kN·m; **$M_{z,Ed}^{-}$** : *10.18* kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : *3*

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. **$N_{pl,Rd}$** : *385.52* kN

$M_{el,Rd,y}$, $M_{el,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones elásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. **$M_{el,Rd,y}$** : *11.95* kN·m; **$M_{el,Rd,z}$** : *11.95* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. **A** : *11.40* cm²

$W_{el,y}$, $W_{el,z}$: Módulos resistentes elásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. **$W_{el,y}$** : *35.35* cm³; **$W_{el,z}$** : *35.35* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *338.10* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *355.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + 0.6 \cdot \bar{\lambda}_y \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

k_y : *1.02*

$$k_z = 1 + 0.6 \cdot \bar{\lambda}_z \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

k_z : *1.02*

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$C_{m,y}$: *1.00*
$C_{m,z}$: *1.00*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

χ_y : *0.54*
χ_z : *0.54*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y$: *1.00*
$\bar{\lambda}_z$: *1.00*

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.

α_y : *0.80*
α_z : *1.00*

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N385, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·Vs.

$$V_{Ed,y} \leq \frac{V_{c,Rd,y}}{2}$$

6.79 kN ≤ 56.24 kN ✓

Donde:

$V_{Ed,y}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed,y}$: *6.79* kN

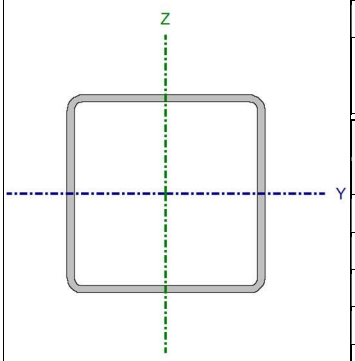
$V_{c,Rd,y}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd,y}$: *112.49* kN

Resistencia a torsión
Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
Resistencia a corte Z
Resistencia a flexión eje Y

Estas comprobaciones no proceden

3.1.1.3. Tubo de torque

Perfil: # 75x6.60
Material: Acero (S355)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y(1) (cm4)	I_z(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N41	N47	1.014	8.40	71.44	71.44	114.48

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	1.014	1.014	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

23.00 ≤ 240.72 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma.	**h_w** :	*69.00*	mm
t_w: Espesor del alma.	**t_w** :	*3.00*	mm
A_w: Área del alma.	**A_w** :	*4.14*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	**$A_{fc,ef}$** :	*2.25*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	**k** :	*0.30*	
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	**f_{yf}** :	*355.00*	MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.413*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N47, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·Vs.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^+** : *1.29* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N47, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Vp.

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^-** : *3.26* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: *7.89* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,y}$** : *23.34* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *338.10* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *355.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.438*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N47, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·Vp.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^+** : *3.46* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N47, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·Vs.

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^-** : *3.46* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: *7.89* kN·m

Donde:

Clase : *1*

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. — $W_{pl,z}$: *23.34* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. — f_{yd} : *338.10* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : *355.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.034*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N47, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Vp.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. — V_{Ed} : *2.77* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$: *80.81* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. — A_v : *4.14* cm²

$$A_V = 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

d: Altura del alma. — **d** : *69.00* mm

t_w: Espesor del alma. — t_w : *3.00* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. — f_{yd} : *338.10* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : *355.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

23.00 < **56.95** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *23.00*

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *56.95*

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción. ε : *0.81*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *355.00* MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.035*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·Vs.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *2.92* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$: *83.21* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : *4.26* cm²

$$A_V = A - 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

A: Área de la sección bruta. A : *8.40* cm²

d: Altura del alma. d : *69.00* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *3.00* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *338.10* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *355.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{b}{t_f} < 70 \cdot \varepsilon \qquad \mathbf{25.00} < \mathbf{56.95}$$

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *25.00*

$$\lambda_w = \frac{b}{t_f}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *56.95*

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción. ε : *0.81*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *355.00* MPa

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \qquad \mathbf{2.68\ kN} \leq \mathbf{40.41\ kN}$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Vp.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *2.68* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$: *80.81* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \qquad \mathbf{2.92\ kN} \leq \mathbf{41.60\ kN}$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·Vs.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *2.92* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *83.21* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

η : ***0.851*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

η : ***0.676*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

η : ***0.686*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N47, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Vp.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *0.00* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.
$M_{y,Ed}^-$: *3.26* kN·m
$M_{z,Ed}^+$: *3.46* kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : *1*

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. **$N_{pl,Rd}$** : *284.09* kN

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.
$M_{pl,Rd,y}$: *7.89* kN·m
$M_{pl,Rd,z}$: *7.89* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. **A** : *8.40* cm²

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.
$W_{pl,y}$: *23.34* cm³
$W_{pl,z}$: *23.34* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *338.10* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *355.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M1}** : *1.05*

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + \left(\bar{\lambda}_y - 0.2\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$ **k_y** : *1.00*

$$k_z = 1 + \left(\bar{\lambda}_z - 0.2\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$ **k_z** : *1.00*

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente. **$C_{m,y}$** : *1.00* **$C_{m,z}$** : *1.00*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. χ_y : *0.87* χ_z : *0.87*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente. $\bar{\lambda}_y$: *0.46* $\bar{\lambda}_z$: *0.46*

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección. α_y : *0.60* α_z : *0.60*

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·Vs.

$$V_{Ed,y} \leq \frac{V_{c,Rd,y}}{2}$$ **2.92 kN ≤ 41.60 kN** ✓

Donde:

$V_{Ed,y}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{Ed,y}$** : *2.92* kN

$V_{c,Rd,y}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd,y}$** : *83.21* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
Resistencia a flexión y axil combinados
Resistencia a torsión
Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
Resistencia a corte Y
Resistencia a flexión eje Z
Resistencia a tracción
Resistencia a compresión
Limitación de esbeltez

Estas comprobaciones no proceden

3.1.2. Comprobaciones E.L.U. (Resumido)

En este apartado se muestra que se han comprobado todas las barras de la estructura de la forma que se describe en el apartado anterior. En la tabla se muestra el resultado de cada comprobación para todas las barras existentes en la estructura, las cuales están descritas de forma que se muestran los nodos de origen y de destino.

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	
N3/N1	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 22.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 3.1	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.8**
N1/N2	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 22.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 3.1	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.8**
N9/N7	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 33.5	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 4.5	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 33.5**
N7/N8	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 33.5	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 4.5	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 33.5**
N15/N13	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 4.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 0.9	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 4.8**
N13/N14	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 4.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 0.9	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 4.8**
N21/N19	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N19/N20	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N27/N25	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N25/N26	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N33/N31	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N31/N32	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N39/N37	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N37/N38	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N45/N43	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N43/N44	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N51/N49	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N49/N50	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N57/N55	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N55/N56	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N63/N61	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N61/N62	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N69/N67	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N67/N68	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N75/N73	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N73/N74	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N81/N79	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N79/N80	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N87/N85	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N85/N86	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N93/N91	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	
N91/N92	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N99/N97	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N97/N98	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N105/N103	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N103/N104	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N111/N109	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N109/N110	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N117/N115	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N115/N116	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N123/N121	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N121/N122	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N129/N127	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N127/N128	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N135/N133	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N133/N134	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N141/N139	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N139/N140	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N147/N145	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N145/N146	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N153/N151	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N151/N152	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N159/N157	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 4.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 0.9	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 4.8**
N157/N158	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 4.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 0.9	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 4.8**
N165/N163	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 33.5	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 4.5	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 33.5**
N163/N164	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 33.5	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 4.5	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 33.5**
N171/N169	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 22.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 3.1	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.8**
N169/N170	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 22.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 3.1	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.8**
N177/N175	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 11.1	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 11.1**
N175/N176	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 11.1	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 11.1**
N4/N5	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N5/N6	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N10/N11	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N11/N12	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	
N16/N17	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N17/N18	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N22/N23	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N23/N24	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N28/N29	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N29/N30	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N34/N35	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N35/N36	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N40/N41	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N41/N42	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N46/N47	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N47/N48	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N52/N53	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N53/N54	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N58/N59	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N59/N60	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N64/N65	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N65/N66	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N70/N71	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N71/N72	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N76/N77	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N77/N78	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N82/N83	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N83/N84	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N88/N89	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	
N89/N90	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N94/N95	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N95/N96	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N100/N101	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N101/N102	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N106/N107	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N107/N108	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N112/N113	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N113/N114	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N118/N119	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N119/N120	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N124/N125	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N125/N126	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N130/N131	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N131/N132	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N136/N137	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N137/N138	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N142/N143	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N143/N144	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N148/N149	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N149/N150	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N154/N155	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N155/N156	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N160/N161	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N161/N162	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	
N166/N167	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N167/N168	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N172/N173	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N173/N174	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N178/N179	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η < 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 7.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 0.6	x: 0.65 m η = 12.4	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 12.4**
N179/N180	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.3	x: 0 m η = 7.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 0.6	N.P.(7)	x: 0 m η = 13.0	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 13.0**
N186/N181	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 11.1	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 11.1**
N181/N185	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 11.1	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 11.1**
N184/N182	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η < 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 7.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 0.6	x: 0.65 m η = 12.4	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 12.4**
N182/N183	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.3	x: 0 m η = 7.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 0.6	N.P.(7)	x: 0 m η = 13.0	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 13.0**
N192/N187	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 22.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 3.1	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.8**
N187/N191	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 22.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 3.1	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.8**
N190/N188	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N188/N189	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N198/N193	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 33.5	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 4.5	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 33.5**
N193/N197	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 33.5	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 4.5	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 33.5**
N196/N194	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N194/N195	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N204/N199	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 4.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 0.9	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 4.8**
N199/N203	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 4.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 0.9	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 4.8**
N202/N200	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N200/N201	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N210/N205	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N205/N209	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N208/N206	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N206/N207	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N216/N211	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N211/N215	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	
N214/N212	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N212/N213	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N222/N217	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N217/N221	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N220/N218	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N218/N219	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N228/N223	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N223/N227	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N226/N224	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N224/N225	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N234/N229	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N229/N233	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N232/N230	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N230/N231	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N240/N235	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N235/N239	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N238/N236	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N236/N237	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N246/N241	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N241/N245	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N244/N242	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N242/N243	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N252/N247	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N247/N251	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N250/N248	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N248/N249	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N258/N253	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N253/N257	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N256/N254	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	
N254/N255	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N264/N259	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N259/N263	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N262/N260	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N260/N261	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N270/N265	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N265/N269	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N268/N266	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N266/N267	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N276/N271	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N271/N275	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N274/N272	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N272/N273	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N282/N277	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N277/N281	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N280/N278	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N278/N279	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N288/N283	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N283/N287	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N286/N284	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N284/N285	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N294/N289	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N289/N293	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N292/N290	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N290/N291	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N300/N295	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N295/N299	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N298/N296	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N296/N297	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	
N306/N301	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N301/N305	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N304/N302	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N302/N303	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N312/N307	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N307/N311	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N310/N308	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N308/N309	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N318/N313	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N313/N317	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N316/N314	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N314/N315	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N324/N319	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N319/N323	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N322/N320	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N320/N321	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N330/N325	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N325/N329	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N328/N326	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N326/N327	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N336/N331	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N331/N335	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N334/N332	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N332/N333	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N342/N337	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N337/N341	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 9.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 9.3**
N340/N338	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N338/N339	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N348/N343	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 4.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 0.9	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 4.8**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	
N343/N347	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 4.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 0.9	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 4.8**
N346/N344	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N344/N345	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N354/N349	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 33.5	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 4.5	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 33.5**
N349/N353	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 33.5	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 4.5	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 33.5**
N352/N350	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N350/N351	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N360/N355	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 22.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 3.1	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.8**
N355/N359	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 22.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 3.1	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.8**
N358/N356	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η = 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.2	x: 0.65 m η = 21.9	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 21.9**
N356/N357	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 14.8	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.2	N.P.(7)	x: 0 m η = 22.7	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 22.7**
N367/N368	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 11.1	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 11.1**
N368/N369	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 11.1	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 11.1**
N372/N371	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η < 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 7.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 0.6	x: 0.65 m η = 12.4	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 12.4**
N371/N370	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.3	x: 0 m η = 7.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 0.6	N.P.(7)	x: 0 m η = 13.0	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 13.0**
N366/N365	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0.163 m $\bar{\lambda}$ ≤ 3.0 Cumple	x: 0.65 m η < 0.1	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 7.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 0.6	x: 0.65 m η = 12.4	N.P.(8)	x: 0.163 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 12.4**
N365/N364	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	x: 0 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(2)	x: 0 m η = 0.3	x: 0 m η = 7.3	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 0.6	N.P.(7)	x: 0 m η = 13.0	x: 0 m η < 0.1	N.P.(10)	**CUMPLE η = 13.0**
N361/N362	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0.65 m η = 11.1	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0.65 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 11.1**
N362/N363	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 11.1	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 1.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 11.1**

Notación:

b / t: Relación anchura / espesor
$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_y: Resistencia a flexión. Eje Y
M_z: Resistencia a flexión. Eje Z
M_yM_z: Resistencia a flexión biaxial
V_y: Resistencia a corte Y
V_z: Resistencia a corte Z
$N_tM_yM_z$: Resistencia a tracción y flexión
$N_cM_yM_z$: Resistencia a compresión y flexión
$NM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a cortante, axil y flexión
$M_tNM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.
(2) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.
(3) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
(4) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
(5) La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación.
(6) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
(7) No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(8) No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(9) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(10) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

3.2. Cimentación

3.2.1. Descripción

Referencias	Geometría
N384, N385, N386, N387, N388, N383, N382, N381, N380, N379 y N378	Zapata de hormigón en masa rectangular centrada Ancho zapata X: 180.0 cm Ancho zapata Y: 120.0 cm Canto: 45.0 cm

3.2.2. Medición

Referencias: N384, N385, N386, N387, N388, N383, N382, N381, N380, N379 y N378
Sin armado

Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

Elemento	Hormigón (m³) HA-25, Yc=1.5
Referencias: N384, N385, N386, N387, N388, N383, N382, N381, N380, N379 y N378	11x0.97
Totales	10.69

3.2.3. Comprobación

Referencia: N384 Dimensiones: 180 x 120 x 45		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.011772 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.010791 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0222687 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: - En dirección X: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*	Reserva seguridad: 67.6 %	Cumple
- En dirección Y *(1)* *(1) Sin momento de vuelco*		No procede
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 6.33 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 0.00 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Tensión tangencial: 0.03 MPa	Cumple

Referencia: N384 Dimensiones: 180 x 120 x 45		
Comprobación	Valores	Estado
- En dirección Y:	Tensión tangencial: 0.00 MPa	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 36.3 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 35 cm Calculado: 45 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N384:	Mínimo: 0 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N385 Dimensiones: 180 x 120 x 45		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0129492 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0109872 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0258984 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: - En dirección X: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*	Reserva seguridad: 25.3 %	Cumple
- En dirección Y *(1)* *(1) Sin momento de vuelco*		No procede
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 8.87 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 0.00 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Tensión tangencial: 0.05 MPa	Cumple
- En dirección Y:	Tensión tangencial: 0.00 MPa	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 46.3 kN/m²	Cumple

Referencia: N385 Dimensiones: 180 x 120 x 45		
Comprobación	Valores	Estado
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 35 cm Calculado: 45 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N385:	Mínimo: 0 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N386 Dimensiones: 180 x 120 x 45		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0124587 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0109872 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0250155 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: - En dirección X: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*	Reserva seguridad: 33.5 %	Cumple
- En dirección Y *(1)* *(1) Sin momento de vuelco*		No procede
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 8.17 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 0.00 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Tensión tangencial: 0.04 MPa	Cumple
- En dirección Y:	Tensión tangencial: 0.00 MPa	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 43.9 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 35 cm Calculado: 45 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N386:	Mínimo: 0 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N387 Dimensiones: 180 x 120 x 45		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0128511 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0109872 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0258003 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: - En dirección X: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.* - En dirección Y *(1)* *(1) Sin momento de vuelco*	Reserva seguridad: 26.4 %	Cumple No procede
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 8.78 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 0.00 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Tensión tangencial: 0.05 MPa	Cumple
- En dirección Y:	Tensión tangencial: 0.00 MPa	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 45.8 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 35 cm Calculado: 45 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N387:	Mínimo: 0 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N388 Dimensiones: 180 x 120 x 45		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0118701 MPa	Cumple

Referencia: N388 Dimensiones: 180 x 120 x 45		
Comprobación	Valores	Estado
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0108891 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0231516 MPa	Cumple Cumple
Vuelco de la zapata: - En dirección X: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.* - En dirección Y *(1)* *(1) Sin momento de vuelco*	Reserva seguridad: 54.4 %	Cumple No procede
Flexión en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Momento: 6.90 kN·m Momento: 0.00 kN·m	Cumple Cumple
Cortante en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Tensión tangencial: 0.03 MPa Tensión tangencial: 0.00 MPa	Cumple Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 39.7 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 35 cm Calculado: 45 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N388:	Mínimo: 0 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N383 Dimensiones: 180 x 120 x 45		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros* - Tensión media en situaciones persistentes: - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0112815 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0106929 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.018639 MPa	Cumple Cumple Cumple
Vuelco de la zapata:		

Referencia: N383 Dimensiones: 180 x 120 x 45		
Comprobación	Valores	Estado
- En dirección X: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.* - En dirección Y *(1)* *(1) Sin momento de vuelco*	Reserva seguridad: 149.6 %	Cumple No procede
Flexión en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Momento: 4.44 kN·m Momento: 0.00 kN·m	Cumple Cumple
Cortante en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Tensión tangencial: 0.02 MPa Tensión tangencial: 0.00 MPa	Cumple Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 26.3 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 35 cm Calculado: 45 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N383:	Mínimo: 0 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N382 Dimensiones: 180 x 120 x 45		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros* - Tensión media en situaciones persistentes: - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0118701 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0108891 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0231516 MPa	Cumple Cumple Cumple
Vuelco de la zapata: - En dirección X: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.* - En dirección Y *(1)*	Reserva seguridad: 54.4 %	Cumple No procede

Referencia: N382 Dimensiones: 180 x 120 x 45		
Comprobación	Valores	Estado
(1) Sin momento de vuelco		
Flexión en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	 Momento: 6.90 kN·m Momento: 0.00 kN·m	 Cumple Cumple
Cortante en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	 Tensión tangencial: 0.03 MPa Tensión tangencial: 0.00 MPa	 Cumple Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	 Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 39.7 kN/m²	 Cumple
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 35 cm Calculado: 45 cm	 Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N382:	Mínimo: 0 cm Calculado: 40 cm	 Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N381 Dimensiones: 180 x 120 x 45		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros* - Tensión media en situaciones persistentes: - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	 Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0128511 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0109872 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0258003 MPa	 Cumple Cumple Cumple
Vuelco de la zapata: - En dirección X: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.* - En dirección Y *(1)* *(1) Sin momento de vuelco*	Reserva seguridad: 26.4 %	Cumple No procede
Flexión en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	 Momento: 8.78 kN·m Momento: 0.00 kN·m	 Cumple Cumple
Cortante en la zapata:		

Referencia: N381 Dimensiones: 180 x 120 x 45		
Comprobación	Valores	Estado
- En dirección X: - En dirección Y:	Tensión tangencial: 0.05 MPa Tensión tangencial: 0.00 MPa	Cumple Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 45.8 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 35 cm Calculado: 45 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N381:	Mínimo: 0 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N380 Dimensiones: 180 x 120 x 45		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros* - Tensión media en situaciones persistentes: - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0124587 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0109872 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0250155 MPa	Cumple Cumple Cumple
Vuelco de la zapata: - En dirección X: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.* - En dirección Y *(1)* *(1) Sin momento de vuelco*	Reserva seguridad: 33.5 %	Cumple No procede
Flexión en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Momento: 8.17 kN·m Momento: 0.00 kN·m	Cumple Cumple
Cortante en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Tensión tangencial: 0.04 MPa Tensión tangencial: 0.00 MPa	Cumple Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 43.9 kN/m²	Cumple

Referencia: N380 Dimensiones: 180 x 120 x 45		
Comprobación	Valores	Estado
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 35 cm Calculado: 45 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N380:	Mínimo: 0 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N379 Dimensiones: 180 x 120 x 45		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0129492 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0109872 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0258984 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: - En dirección X: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*	Reserva seguridad: 25.3 %	Cumple
- En dirección Y *(1)* *(1) Sin momento de vuelco*		No procede
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 8.87 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 0.00 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Tensión tangencial: 0.05 MPa	Cumple
- En dirección Y:	Tensión tangencial: 0.00 MPa	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 46.3 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 35 cm Calculado: 45 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N379:	Mínimo: 0 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N378 Dimensiones: 180 x 120 x 45		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.011772 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.010791 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0222687 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: - En dirección X: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*	Reserva seguridad: 67.6 %	Cumple
- En dirección Y *(1)* *(1) Sin momento de vuelco*		No procede
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 6.33 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 0.00 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Tensión tangencial: 0.03 MPa	Cumple
- En dirección Y:	Tensión tangencial: 0.00 MPa	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 36.3 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 35 cm Calculado: 45 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N378:	Mínimo: 0 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ANEXO 3:

CATÁLOGOS

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

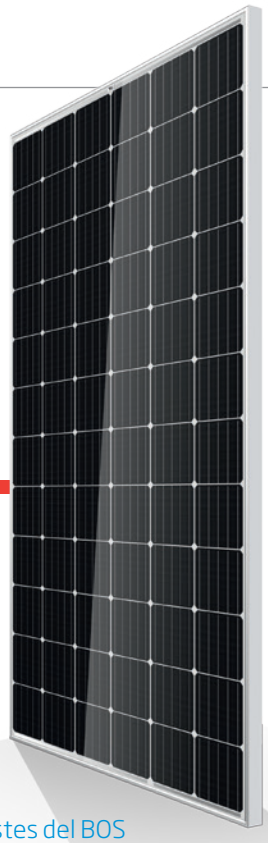
AUTOR:

JAVIER SÁENZ DE ZÁITIGUI VISA

Mono Multi Soluciones

TALLMAX M PLUS+ MODULE

TSM-DD14A (II)



72 CÉLULAS
MÓDULO MONOCRISTALINO

340-375W
RANGO DE POTENCIA

19,3%
MÁXIMA EFICIENCIA

0/+5W
TOLERANCIA POSITIVA DE POTENCIA

Pays Fundada en 1997, Trina Solar es un proveedor líder de soluciones fotovoltaicas. Creemos que la cooperación con nuestros socios es crítica para alcanzar el éxito. Trina Solar distribuye hoy sus productos a más de 60 países del mundo. Trina Solar es capaz de suministrar un servicio excepcional a cada cliente en cada mercado, y la innovación y fiabilidad de sus productos viene respaldadas por ser Trina Solar una compañía sólida y estable. Estamos comprometidos en construir colaboraciones estratégicas y mutuamente beneficiosas con instaladores, distribuidores y desarrolladores de proyectos de todo el mundo.

Productos detallados y certificados de sistema

IEC61215/IEC61730/UL1703/IEC61701/IEC62716
ISO 9001: Sistema de gestión de calidad
ISO 14001: Sistema de gestión medioambiental
ISO14064: Verificación de gases efecto invernadero
OHSAS 18001: Sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional

Ideal para grandes proyectos

- Mayor superficie con más potencia que disminuye el tiempo de instalación y los costes del BOS

Excelente rendimiento en condiciones de poca luz en días nublados, mañanas y atardeceres

- Pasivación posterior de la célula
- Texturización avanzada de la superfície
- Emisor selectivo

Aprovecha el espacio con la máxima eficiencia

- Hasta 193 W/m² de densidad de potencia
- Coeficientes termales bajos para mayor producción energética a temperaturas de funcionamiento altas

Altamente fiable gracias a su riguroso control de calidad

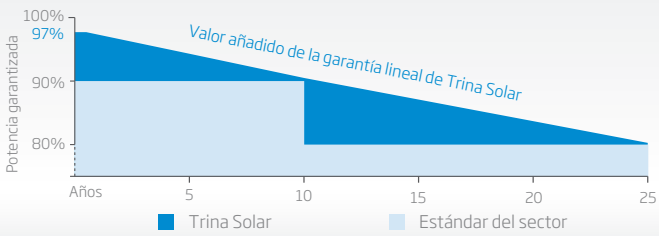
- Más de 30 tests en fábrica (UV, TC, HF, y muchos más)
- Los tests en fábrica van más allá de los requisitos de certificación
- Todos los módulos han de pasar una inspección de electroluminescencia
- Resistente a la degradación inducida por potenciales eléctricos
- Certificado UL 1000 V / IEC 1000 V

Certificados para condiciones mediambientales extremas

- Cargas de viento de 2400 Pa
- Cargas de nieve de 5400 Pa
- Piedras de granizo de 35 mm a 97 Km/h
- Resistencia al amoníaco
- Resistencia a la niebla salina
- Resistencia a la abrasión por arena y polvo

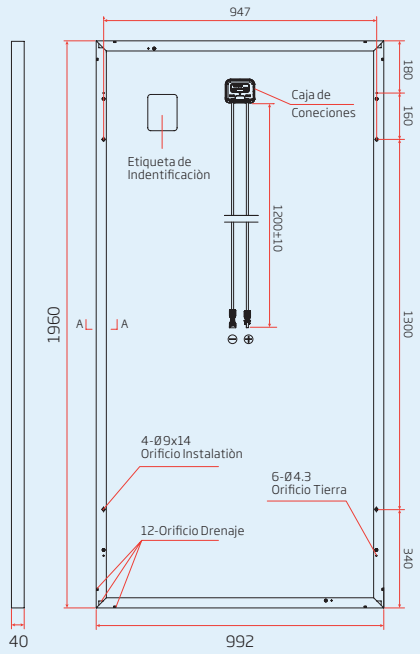
GARANTÍA DE POTENCIA LINEAL

10 años garantía de producto · 25 años garantía de potencia lineal

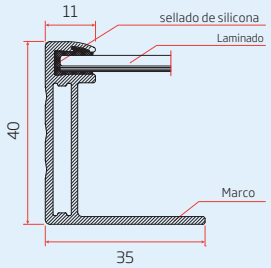


Trinasolar

DIMENSIONES DEL MÓDULO FV TSM-DD14A (II) (Unidad: mm)

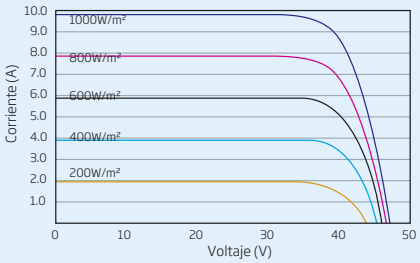


Vista trasera

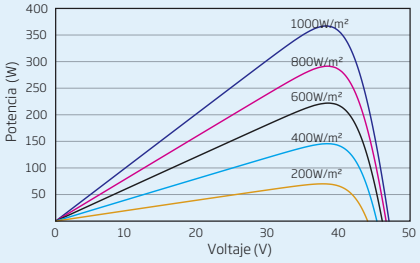


(A-A)

CURVAS I-V DEL MÓDULO FV (365W)



CURVAS P-V DEL MÓDULO FV (365W)



DATOS ELÉCTRICOS EN CONDICIONES STC	TSM-340	TSM-345	TSM-350	TSM-355	TSM-360	TSM-365	TSM-370	TSM-375
Potencia nominal-Pmáx (Wp)*	340	345	350	355	360	365	370	375
Tolerancia de potencia nominal (W)	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5
Tensión en el punto Pmáx-V_{MP} (V)	38,2	38,5	38,7	38,8	39,0	39,3	39,7	40,0
Corriente en el punto Pmáx-I_{MPP} (A)	8,90	8,96	9,04	9,14	9,24	9,30	9,33	9,37
Tensión en circuito abierto-V_{OC} (V)	46,2	46,7	47,0	47,4	47,7	48,0	48,3	48,5
Corriente de cortocircuito-I_{SC} (A)	9,50	9,55	9,60	9,65	9,70	9,77	9,83	9,88
Eficiencia del módulo η_m (%)	17,5	17,7	18,0	18,3	18,5	18,8	19,0	19,3

STC: Irradiancia 1000W/m², temperatura de célula 25°C, masa de aire AM1.5
*Tolerancia en la medida: ±3%

DATOS ELÉCTRICOS EN CONDICIONES TONC	TSM-340	TSM-345	TSM-350	TSM-355	TSM-360	TSM-365	TSM-370	TSM-375
Potencia máx.-P_{MAX} (Wp)	253	257	261	264	268	272	276	279
Tensión en el punto Pmáx-V_{MPP} (V)	35,4	35,7	35,9	36,0	36,2	36,4	36,8	37,1
Corriente en el punto Pmáx-I_{MPP} (A)	7,15	7,20	7,26	7,34	7,42	7,47	7,50	7,53
Tensión en circuito abierto-V_{OC} (V)	42,9	43,4	43,7	44,1	44,3	44,6	44,9	45,1
Corriente de cortocircuito-I_{SC} (A)	7,67	7,71	7,75	7,79	7,83	7,89	7,94	7,98

TONC: Irradiancia a 800 W/m², Temperatura ambiente 20 °C, Velocidad del viento 1 m/s.

DATOS MECÁNICOS

Células solares	Monocristalinas 156,75 × 156,75 mm
Distribución de las células	72 células (6 x 12)
Dimensiones del módulo	1960 × 992 × 40 mm
Peso	26,0 kg con cristal de 4,0 mm; 22,5 kg con cristal de 3,2 mm
Vidrio	Cristal de 4,0 mm para nuestro modelo Monocristalino PERC ; Cristal de 3,2 mm para nuestro modelo estándar Monocristalino, alta transparencia, recubrimiento AR y vidrio solar templado
Capa trasera	Blanca
Marco	Aluminio anodizado
Caja de conexiones	IP 67 o IP 68
Cables	Resistente a los rayos UV, sección de cables 4,0 mm², 1200 mm
Conector	Países de la UE: 28 MC4 / UTX / TS4, Países no miembros de la UE: 28 QC4 / TS4

LÍMITES DE TEMPERATURA

Temperatura de Operación Nominal de la Célula (TONC)	44°C (±2K)
Coeficiente de temperatura de P_{MAX}	- 0,39%/K
Coeficiente de temperatura de V_{OC}	- 0,29%/K
Coeficiente de temperatura de I_{SC}	0,05%/K

LÍMITES OPERATIVOS

Temperatura de operación	-40 a +85°C
Tensión máxima del sistema	1000 V DC (IEC) 1000 V DC (UL)
Capacidad máxima del fusible*	15 A (Potencia ≤ 350 W) 20 A (Potencia ≥ 355 W)
Carga de nieve	5400 Pa
Carga de viento	2400 Pa

*NO conectar fusibles en la caja de conexiones con dos o más strings en conexión paralela

GARANTÍA

10 años de garantía de fabricación

25 años de garantía de potencia lineal

(Consulte la garantía de producto para más información)

CONFIGURACIÓN DE EMBALAJE

Módulos por caja:	27 uds.
Módulos por contenedor de 40':	648 uds.

TSM_ES_2017_B

Trinasolar

PRECAUCIÓN: LEA LAS INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD E INSTALACIÓN ANTES DE UTILIZAR EL PRODUCTO.

www.trinasolar.com

SMA UTILITY POWER SYSTEM
MEDIUM VOLTAGE BLOCK 2200/2500

Flexible

- Solución global para mercados internacionales
- Para todas las redes de media tensión de 6,6 a 35 kV
- Sistema ampliable por módulos
- Múltiples opciones

Fiable

- Todos los componentes han sido homologados
- 5 años de garantía
- Vida útil mínima de 25 años

Sencillo

- Optimizado para los nuevos inversores Sunny Central
- Transformador para exteriores con diseño térmico eficaz
- Conexión de potencia corta entre inversor y transformador

Optimización de costes

- Ahorro de la carcasa de hormigón
- Reducidos costes de funcionamiento gracias a un rendimiento máximo de más del 99%
- Transporte económico en camiones estándar o en contenedores marítimos

SMA UTILITY POWER SYSTEM MEDIUM-VOLTAGE BLOCK SEGÚN IEC

Bloque de media tensión compacto para una perfecta combinación con Sunny Central

El transformador optimizado y muy eficiente para la colocación exterior según la Directiva de Ecodiseño combina a la perfección con los nuevos inversores Sunny Central. La conexión de barra colectora entre el inversor y el transformador viene incluida de serie. El transformador de media tensión se puede ampliar por módulos añadiendo la instalación de distribución de media tensión, el depósito de aceite y el transformador de baja tensión.

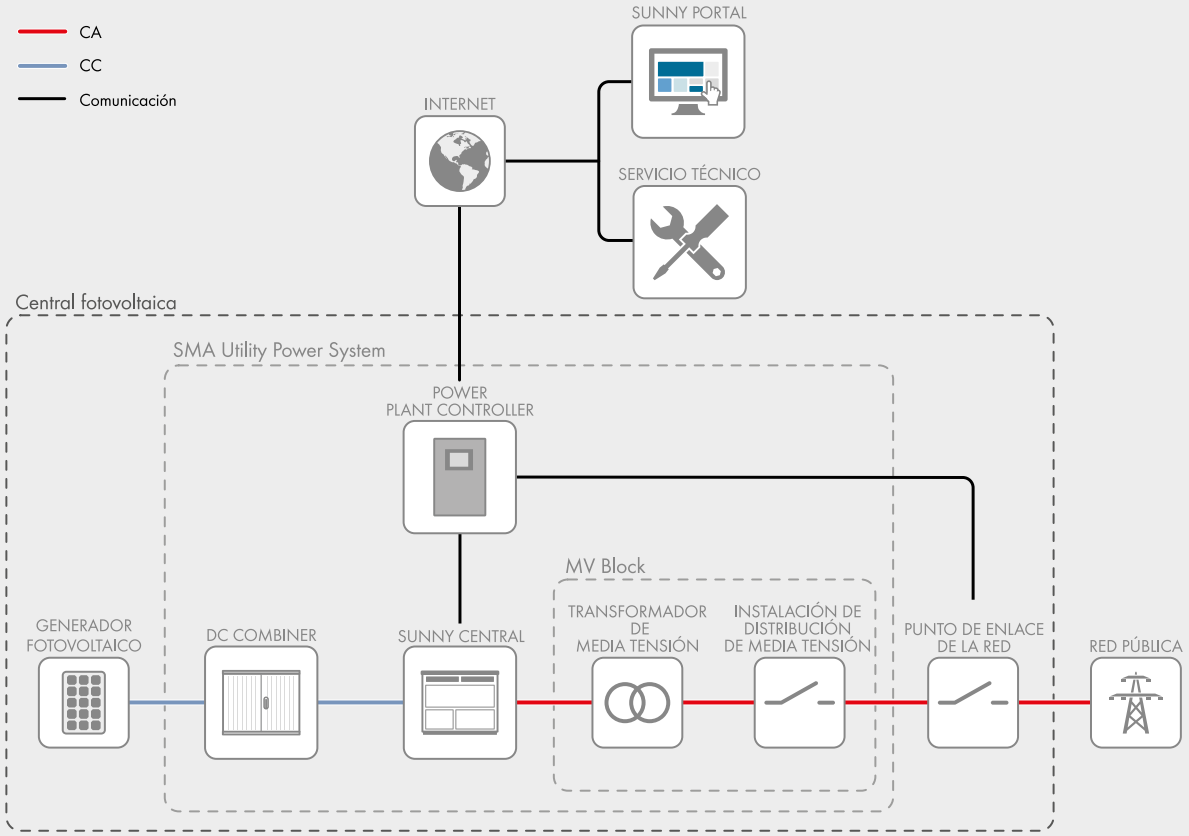
SMA UTILITY POWER SYSTEM
MEDIUM VOLTAGE BLOCK 2200/2500

Datos técnicos	Bloque de media tensión IEC para Sunny Central 2200 (1 000 V CC)
Entrada del transformador de media tensión	
Potencia asignada (a 25 °C)	2200 kVA
Potencia asignada (a 40 °C)	2080 kVA
Potencia asignada (a 50 °C)	2000 kVA
Tensión nominal	385 V
Frecuencia de red	50 Hz, 60 Hz
Corriente máx. de entrada a tensión nominal	3300 A
Salida del transformador de media tensión	
Tensión nominal	20 kV
Tensiones nominales opcionales	6,6 kV a 35 kV
Conmutador graduado del transformador	–5,0% / –2,5% / 0% / +2,5% / +5,0%
Corriente máx. de salida a tensión nominal	64 A
Pérdidas por vacío[1)]	1595 kW
Pérdidas por corriente de cortocircuito[1)]	19,8 kW
Rendimiento del transformador de media tensión	
Rendimiento máx. / europeo / californiano	99,4% / 99,2% / 99,2%
Tipo de protección	
Tipo de protección según IEC 60529	IP23D
Tipo de protección según IEC 60721-3-4 (4C1, 4S2 / 4C2, 4S2)	● / ○
Datos generales	
Dimensiones (ancho x alto x fondo)[2)]	5724 mm / 2601 mm / 2150 mm
Peso[3)]	9150 kg
Temperatura ambiente (–25 °C a 50 °C)	●
Valor máximo permitido para la humedad relativa (con condensación)	0% a 95%
Altitud de funcionamiento máx. sobre el nivel del mar	1000 m a 50 °C, 2000 m a 45 °C, 3000 m a 40 °C
Equipamiento	
Transformador con aceite mineral / orgánico	● / ○
Grupo de conexión del transformador Dy11 / YNd11	● / ○
Con / sin depósito de aceite	● / ○
Sin / con instalación de distribución de media tensión, 3 celdas (dos celdas de cables con interruptor-seccionador, una celda del transformador con interruptor-seccionador), instalación de distribución de media tensión con clasificación de arco interno IAC AFL 20 kA 1 s Carcasa de exterior con clasificación de arco interno IAC A 20 kA 1 s	● / ○
Sin / con transformador de baja tensión (10 kVA, 20 kVA, 30 kVA)	● / ○
Campo de aplicación: sin protección al aire libre / en un ambiente químicamente activo	● / ○
Color de la carcasa	RAL 9016
Certificados y autorizaciones	IEC 60076, IEC 62271-200, IEC 62271-202, IEC 61936-1
● De serie ○ Opcional	
Modelo comercial	MVB-2200-SC

Datos técnicos	Bloque de media tensión IEC para Sunny Central 2500-EV (1 500 V CC)
Entrada del transformador de media tensión	
Potencia asignada (a 25 °C)	2500 kVA
Potencia asignada (a 40 °C)	2350 kVA
Potencia asignada (a 50 °C)	2250 kVA
Tensión nominal	550 V
Frecuencia de red	50 Hz, 60 Hz
Corriente máx. de entrada a tensión nominal	2624 A
Salida del transformador de media tensión	
Tensión nominal	20 kV
Tensiones nominales opcionales	6,6 kV a 35 kV
Conmutador graduado del transformador	–5,0% / –2,5% / 0% / +2,5% / +5,0%
Corriente máx. de salida a tensión nominal	72 A
Pérdidas por vacío[1)]	1,76 kW
Pérdidas por corriente de cortocircuito[1)]	22 kW
Rendimiento del transformador de media tensión	
Rendimiento máx. / europeo / californiano	99,4% / 99,2% / 99,2%
Tipo de protección	
Tipo de protección según IEC 60529	IP23D
Tipo de protección según IEC 60721-3-4 (4C1, 4S2 / 4C2, 4S2)	● / ○
Datos generales	
Dimensiones (ancho x alto x fondo)[2)]	5724 mm / 2601 mm / 2150 mm
Peso[3)]	9150 kg
Temperatura ambiente (–25 °C a 50 °C)	●
Valor máximo permitido para la humedad relativa (con condensación)	0% a 95%
Altitud de funcionamiento máx. sobre el nivel del mar	1000 m a 50 °C, 2000 m a 45 °C, 3000 m a 40 °C
Equipamiento	
Transformador con aceite mineral / orgánico	● / ○
Grupo de conexión del transformador Dy11 / YNd11	● / ○
Con / sin depósito de aceite	● / ○
Sin / con instalación de distribución de media tensión, 3 celdas (dos celdas de cables con interruptor-seccionador, una celda del transformador con interruptor-seccionador), instalación de distribución de media tensión con clasificación de arco interno IAC AFL 20 kA 1 s Carcasa de exterior con clasificación de arco interno IAC A 20 kA 1 s	● / ○
Sin / con transformador de baja tensión (10 kVA, 20 kVA, 30 kVA)	● / ○
Campo de aplicación: sin protección al aire libre / en un ambiente químicamente activo	● / ○
Color de la carcasa	RAL 9016
Certificados y autorizaciones	IEC 60076, IEC 62271-200, IEC 62271-202, IEC 61936-1
● De serie ○ Opcional	
Modelo comercial	MVB-2500-SC-EV

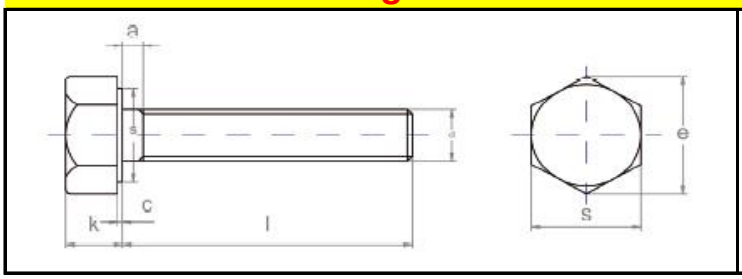
1) Serie de pérdida Bk +10%, Ao +10%
2) Dimensiones máximas del bloque de media tensión completo sin plataforma para el bloque de potencia
3) Peso máximo del bloque de media tensión completo sin plataforma para el bloque de potencia

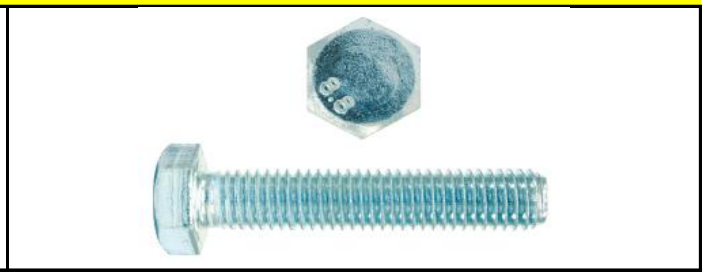
ESQUEMA DE LAS PLANTAS



DIN-933 8.8 ZINCADO

Tornillo cabeza hexagonal todo rosca Calidad 8.8





Metrica	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-10	M-12	M-14	M.16	M-18	M-20	M-22	M-24
Paso	0,7	0,8	1	1	1,25	1,5	1,75	2	2	2,5	2,5	3	3
K	2,8	3,5	4	5	5,5	7	8	9	10	12	13	14	15
S	7	8	10	11	13	17	19	22	24	27	30	32	36

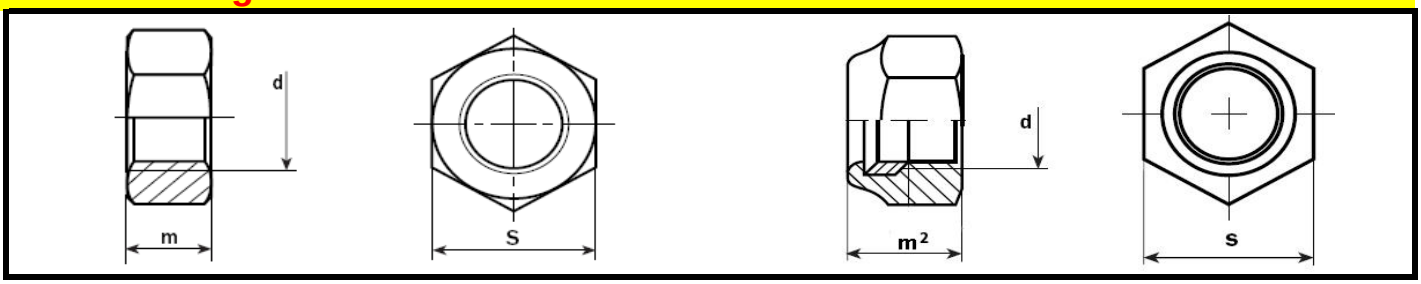
PRECIOS UNIDAD

METRICA		M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-10	M-12	M-14	M-16	M-18	M-20	M-22	M-24
LONGITUDES	10	0,1581	0,0716	0,0716	0,1686	0,1686								
	12	0,1581	0,0716	0,0716	0,1686	0,1686								
	14	0,1581	0,0716	0,0716		0,1686								
	16	0,1581	0,0513	0,0738	0,1276	0,1276	0,2255	0,3943						
	20	0,1898	0,0790	0,0790	0,1286	0,1286	0,2255	0,3541	0,5850	0,9381				
	25	0,2003	0,0875	0,0875	0,1401	0,1401	0,2414	0,3700	0,5850	0,8221				
	30	0,2108	0,0939	0,0939	0,1603	0,1603	0,2614	0,3974	0,6619	0,8116	1,8868	1,8868		
	35	0,3690	0,1013	0,1013	0,1771	0,1771	0,2866	0,4388	0,6651	0,8421	1,8868	1,8868		
	40	0,4005	0,1118	0,1118	0,1898	0,1898	0,3046	0,4616	0,7475	0,9165	1,9083	1,7729	3,1410	3,1410
	45	0,5586	0,1539	0,1539	0,2119	0,2119	0,3299	0,5176	0,8031	0,9581	1,8276	1,8276	2,8806	2,8806
	50	0,5586	0,1613	0,1613	0,2276	0,2396	0,3668	0,5365	0,8685	1,0425	1,9015	1,9015	2,8806	2,8806
	55		0,2214	0,2214		0,2550	0,3974	0,5798	0,9560	1,0868	2,0121	2,0121	3,2000	3,2000
	60		0,2456	0,2456	0,2804	0,2804	0,4954	0,6409	1,0425	1,1710	2,1966	2,1966	3,5394	3,5394
	65			0,2740		0,3246	0,5871	0,8644	1,2649	1,3660	2,3831	2,3831	4,0633	4,0633
	70			0,2740		0,3246	0,5871	0,8644	1,2649	1,3660	2,3831	2,3831	4,0633	4,0633
	75			0,3405		0,4480	0,6956	1,0014	1,4651	1,4746	2,6476	2,6476	4,4575	4,4575
	80			0,3405		0,4480	0,6956	1,0014	1,4651	1,4746	2,6476	2,6476	4,4575	4,4575
	90					0,5239	0,7484	1,1068	1,5810	1,8973	3,0303	3,0303	5,5474	5,5474
	100					0,6303	0,8538	1,1594	1,7919	2,0659	3,4035	3,4035	5,7971	5,7971
	110						0,8538	1,5084	2,1503	5,3966	8,3479	8,3479	10,9619	10,9619
	120						1,8625	1,9611	5,7971	5,7971	8,9593	8,9593	11,6996	11,6996
	130							2,2800	6,3769	6,3769	9,5074	9,5074	12,3321	12,3321
	140							2,6088	6,7879	6,7879	9,8024	9,8024	13,1753	13,1753
	150							3,5456	7,1358	7,1358	10,5403	10,5403	14,0185	14,0185
	160									7,7998	11,2781	11,2781	15,7050	15,7050
	170									10,0133	13,2808	13,2808	17,6023	17,6023
	180									10,0133	13,2808	13,2808	17,6023	17,6023
	190									10,9619	14,6510	14,6510	19,2886	19,2886
	200									10,9619	14,6510	14,6510	19,2886	19,2886
	220													
	240													
	260													
	280													
	300													

OTRAS MEDIDAS - CONSULTAR PRECIO Y PLAZO

DIN-934 / DIN-985

Tuerca hexagonal



PRECIOS UNIDAD

Precios netos

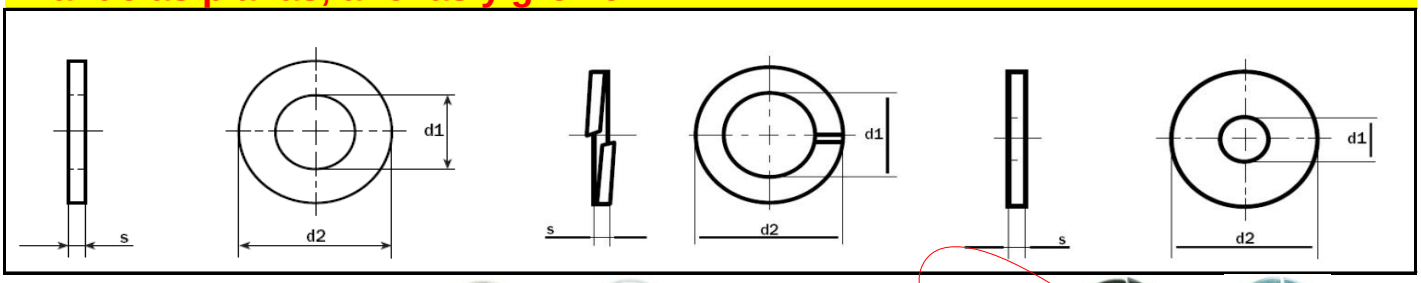
Metrica d	Paso	s	m	m²	Din-934 6.8 Sin baño	Din-934 6.8 Zincada	Din-934 8.8 Pavonada	Din-934 8.8 Zincada	Din-985 Zincada
M-3	0,5	5,5	2,4	4	0,0061	0,0077			0,0062
M-4	0,7	7	3,2	5	0,0058	0,0072	0,0138	0,0173	0,0066
M-5	0,8	8	4	5	0,0070	0,0088	0,0155	0,0194	0,0048
M-6	1	10	5	6	0,0119	0,0149	0,0180	0,0225	0,0074
M-7	1	11	5,5	7,5	0,0238	0,0298	0,0325	0,0406	0,0140
M-8	1,25	13	6,5	8	0,0243	0,0304	0,0316	0,0394	0,0152
M-10	1,5	17	8	10	0,0467	0,0584	0,0977	0,1221	0,0302
M-12	1,75	19	10	12	0,0748	0,0935	0,1125	0,1406	0,0463
M-14	2	22	11	14	0,1161	0,1451	0,1414	0,1767	0,0796
M-16	2	24	13	16	0,1439	0,1799	0,2400	0,3000	0,1040
M-18	2,5	27	15	18,5	0,2146	0,2682	0,3209	0,4012	0,1418
M-20	2,5	30	16	20	0,2587	0,3234	0,3768	0,4711	0,1813
M-22	2,5	32	18	22	0,3922	0,4902	0,5402	0,6752	0,2760
M-24	3	36	19	24	0,5490	0,6863	0,6707	0,8384	0,4320
M-27	3	41	22	27	0,9864	1,2330	1,2394	1,5493	0,8260
M-30	3,5	46	24	30	1,3306	1,6633	1,6588	2,0735	1,3400
M-33	3,5	50	56	33	1,9292	2,4101	2,7002	3,3753	
M-36	4	55	29	36					
M-39	4	60	31	39					
M-42	4,5	65	34	42					
M-45	4,5	70	36	45					
M-48	5	75	38	48					
M-52	5	80	42						

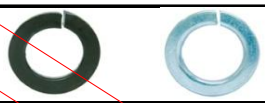
Consultar

OTRAS MEDIDAS - CONSULTAR PRECIO Y PLAZO

DIN-125 / DIN-9021 / DIN-127

Arandelas planas, anchas y grower





Metrica	d1	d2	s	Din-125 Pulida	Din-125 Zincada	d1	d2	s	Din-127 Pulida	Din-127 Zincada
M-3	3,2	7	0,5	0,0025	0,0031	3,1	6,7	0,8	0,0051	0,0064
M-4	4,3	9	0,8	0,0040	0,0050	4,1	7,6	0,9	0,0052	0,0065
M-5	5,3	10	1	0,0051	0,0064	5,1	9,2	1,2	0,0059	0,0077
M-6	6,4	12	1,6	0,0103	0,0129	6,1	11,8	1,6	0,0083	0,0111
M-7	7,4	14	1,6	0,0111	0,0138	7,1	12,8	1,6	0,0096	0,0120
M-8	8,4	16	1,6	0,0154	0,0193	8,1	14,8	2	0,0123	0,0171
M-10	10,5	20	2	0,0301	0,0376	10,2	18,1	2,2	0,0180	0,0260
M-12	13	24	2,5	0,0474	0,0593	12,2	21,1	2,5	0,0255	0,0366
M-14	15	28	2,5	0,0720	0,0900	14,2	24,1	3	0,0403	0,0571
M-16	17	30	3	0,0934	0,1167	16,2	27,4	3,5	0,0564	0,0811
M-18	19	34	3	0,0974	0,1218	18,2	29,4	3,5	0,0610	0,0762
M-20	21	37	3	0,1357	0,1696	20,2	33,6	4	0,1083	0,1353
M-22	23	39	3	0,1284	0,1605	22,5	35,9	4	0,1119	0,1591
M-24	25	44	4	0,2560	0,3406	24,5	40	5	0,1818	0,2577
M-27	28	50	4	0,3589	0,4486	27,5	43	5	0,2073	0,2592
M-30	31	56	4	0,3687	0,4608	30,5	48,2	6	0,5100	0,6375
M-33	34	60	5	0,5026	0,6283	33,5	55,2	6		
M-36	37	66	5	0,8808	1,1011	36,5	58,2	6		
M-39	40	72	6	0,9329	1,1661	39,5	61,2	6		
M-42	43	78	7	1,7611	2,2014	42,5	68,2	7		
M-45	46	85	7	1,5929	1,9912	45,5	71,2	7		

Consultar

Metrica	d1	d2	s	Din-9021 Pulida	Din-9021 Zincada
M-3				0,0062	0,0078
M-4	4,3	12	1	0,0109	0,0136
M-5	5,3	15	1,6	0,0186	0,0230
M-6	6,4	18	1,6	0,0240	0,0300
M-7	7,4	22	2	0,0330	0,0412
M-8	8,4	25	2	0,0474	0,0592
M-10	10,5	30	2,5	0,0840	0,1050
M-12	13	40	3	0,1866	0,2333
M-14	15	45	3	0,2087	0,2766
M-16	17	50	3	0,2521	0,3343
M-18	19	56	4	0,3786	0,5080
M-20	21	60	4	0,5146	0,6433

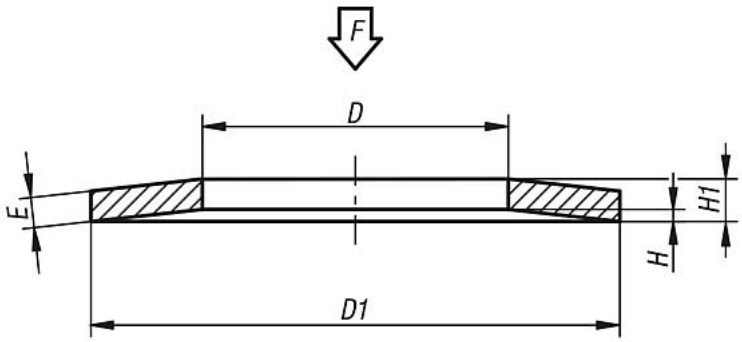
PRECIOS UNIDAD

OTRAS MEDIDAS - CONSULTAR PRECIO Y PLAZO

07360
Muelles de disco DIN EN 16983

Descripción del artículo/Imágenes del producto

Planos



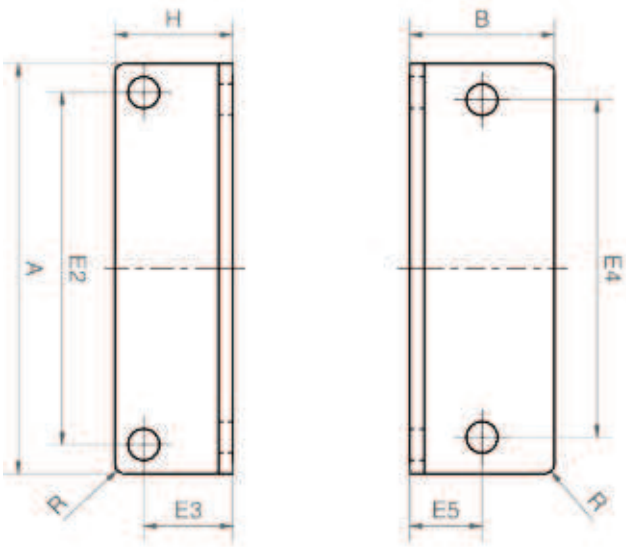
Selección/filtro de artículos

Reset

Referencia	D	D1	E	H	H1	F (N)	CAD	Acc.	Precio	Pedir
07360-030	3,2	8	0,4	0,2	0,6	69,2			0.35 €	0
07360-050	5,2	10	0,4	0,3	0,7	87,8			0.43 €	0
07360-051	5,2	15	0,7	0,55	1,25	340,2			0.46 €	0
07360-060	6,2	12,5	0,5	0,35	0,85	120			0.46 €	130560
07360-061	6,2	12	0,5	0,35	0,85	133,5			0.46 €	0
07360-070	7,2	14	0,8	0,3	1,1	283,8			0.47 €	0
07360-080	8,2	16	0,9	0,35	1,25	362,5			0.47 €	130560
07360-081	8,2	16	0,6	0,45	1,05	172			0.47 €	0
07360-090	9,2	18	1	0,4	1,4	450,6			0.75 €	0
07360-100	10,2	20	1,1	0,45	1,55	548,2			0.75 €	0
07360-101	10,2	20	0,9	0,55	1,45	411,7			0.75 €	0
07360-102	10,2	20	0,8	0,55	1,35	304,3			0.75 €	0
07360-120	12,2	25	1,5	0,55	2,05	1040			0.84 €	0
07360-121	12,2	23	1,25	0,6	1,85	863,4			0.84 €	0
07360-123	12,2	23	1	0,6	1,6	474,7			0.85 €	0
07360-140	14,2	28	1,5	0,65	2,15	1033			0.85 €	0
07360-141	14,2	28	1	0,8	1,8	490			0.85 €	0
07360-160	16,3	31,5	1,75	0,7	2,45	1391			0.89 €	0
07360-161	16,3	31,5	1,25	0,9	2,15	790,5			0.89 €	0
07360-180	18,3	35,5	2	0,8	2,8	1864			1.18 €	0
07360-182	18,3	35,5	1,25	1	2,25	730,9			1.04 €	0
07360-200	20,4	40	2,25	0,9	3,15	2336			1.43 €	0
07360-220	22,4	45	2,5	1	3,5	2773			1.90 €	0
07360-250	25,4	50	3	1,1	4,1	4255			2.37 €	0
07360-251	25,4	50	2,5	1,4	3,9	3473			2.37 €	0
07360-280	28,5	56	2	1,6	3,6	1910			2.38 €	0
07360-310	31	63	2,5	1,75	4,25	2942			3.22 €	0
07360-360	40,5	70	4	1,7	5,7	9025			6.37 €	0

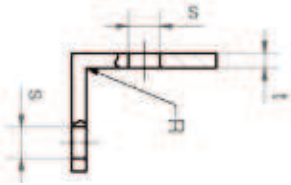
Otros artículos de esta categoría

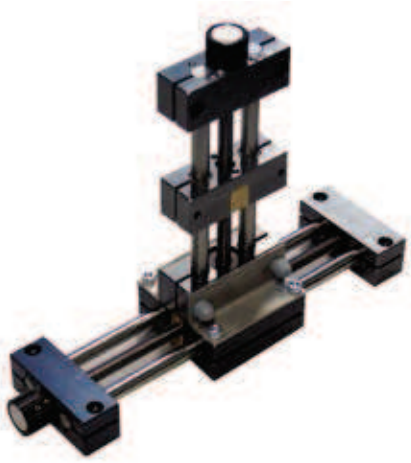
Stainless steel angle kit for SHT XZ structure



drylin® SHT-WS is an angle kit for the SHT linear modules series. Stainless steel angle brackets make any combination possible.

- 2 different sizes
- Can be combined with all drylin® linear modules series SHT/SHTC/SHTS with sizes 12 and 20





Dimensions [mm]

Part No.	A	H	B	E2	E3	E4	E5	s	t
SHT-WS-12	85	26.5	30	73	20.5	70	15	6.5	3
SHT-WS-20	130	36	35	108	18	115	35	8.5	5

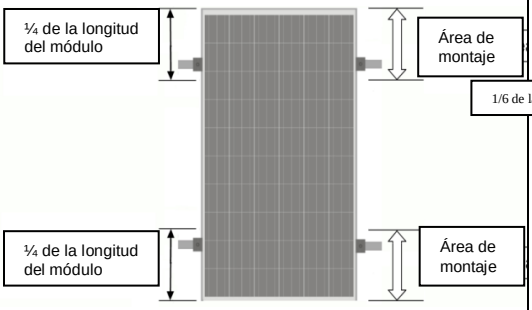
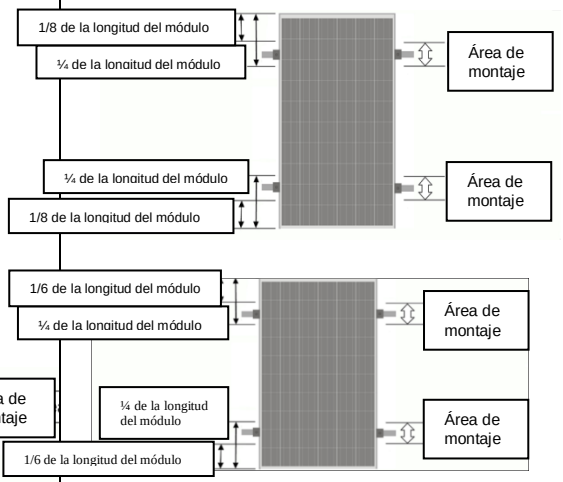
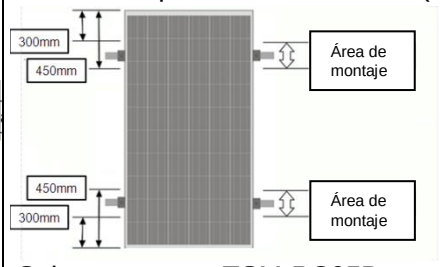
MANUAL DE USUARIO

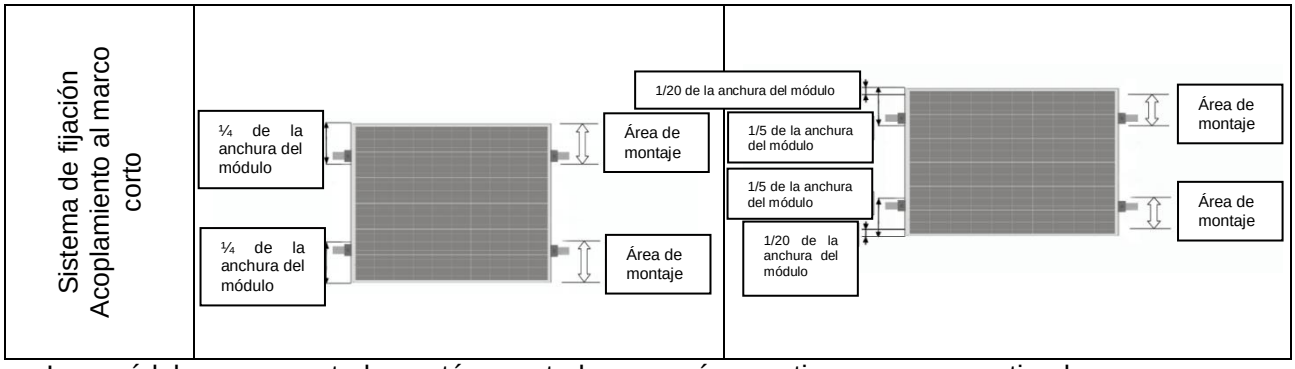
7.2 MÉTODO DE INSTALACIÓN

7.2.1 INSTALACIÓN MECÁNICA Y ADVERTENCIAS

El módulo se puede conectar al sistema de soporte mediante orificios de montaje con grapas o un sistema integrado en el marco. Los módulos se deben instalar según los ejemplos y recomendaciones siguientes. Si se desea un método de instalación distinto, póngase en contacto con el servicio de atención al cliente o el servicio técnico de Trina Solar. Los módulos mal montados pueden resultar dañados. Si se utiliza un método de montaje alternativo no aprobado por Trina, los módulos perderán la garantía.

- La distancia mínima entre dos módulos es de 10 mm.
- Los paneles no deben estar sometidos a cargas de viento ni de nieve que superen las cargas máximas permitidas, ni a esfuerzos excesivos causados por la expansión térmica de las estructuras de soporte.
- Bajo ningún concepto se pueden obstruir los orificios de desagüe del marco del módulo durante la instalación o el uso.

MÉTODO DE INSTALACIÓN MECÁNICO		
	±2400 Pa Carga ±2400 Pa	Carga de +5400 Pa/-2400 Pa Carga de +5400 Pa/-2400 Pa
Sistema de fijación Acoplamiento al marco largo		 Solamente para TSM-DC03A.08(II)  Solamente para TSM-PC05B TSM-PC05B



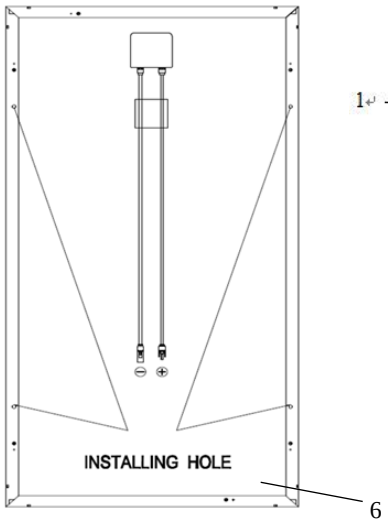
Los módulos representados están montados en guías continuas que se extienden por debajo de los módulos. Si los módulos se montan sin guías continuas por debajo, se reduce la carga máxima permitida y queda sujeta a su revisión por parte de Trina.

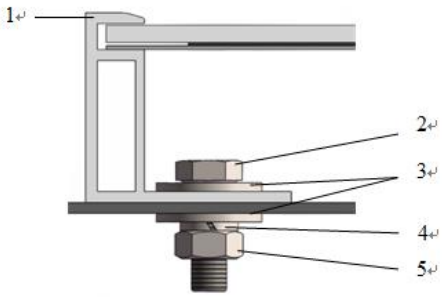
A. Montaje con pernos

Los módulos se pueden fijar mediante orificios de montaje en el marco posterior del módulo a través de la fijación del módulo con pernos a las guías de soporte. Las figuras facilitadas a continuación muestran los detalles del montaje.

El marco de cada módulo tiene cuatro orificios de montaje de φ9*12 mm especialmente situados para optimizar la capacidad de carga, que sirven para asegurar los módulos a la estructura de soporte.

- Para maximizar la durabilidad del montaje, Trina Solar recomienda encarecidamente el uso de elementos de fijación protegidos contra corrosión (acero inoxidable).
- Sujete el módulo en cada punto de montaje mediante un perno M8, una arandela plana, una arandela de resorte y una tuerca, tal como se muestra en la figura 1, y apriete con un par de 16 a 20 Nm.
- Todas las piezas en contacto con el marco deben utilizar arandelas planas de acero inoxidable con un espesor mínimo de 1,8 mm y un diámetro externo de 20 a 24 mm.





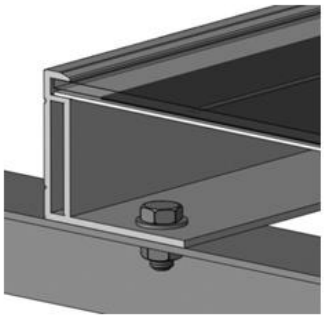


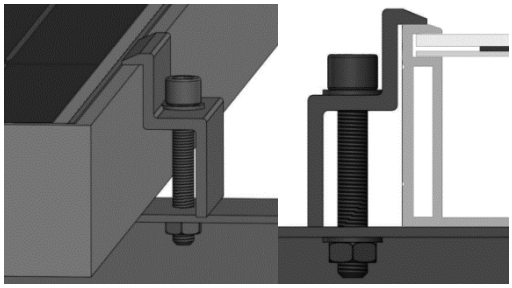
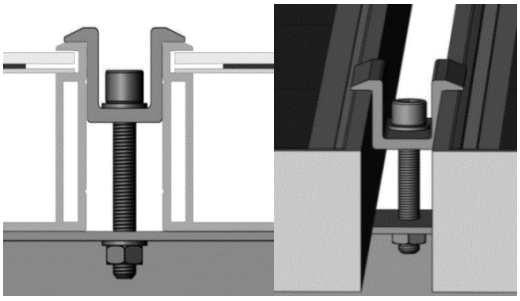
Figura 1. Módulo fotovoltaico solar instalado mediante el método de fijación con pernos

1) Marco de aluminio
2) Perno de acero inoxidable M8
3) Arandela plana inoxidable
4) Arandela de muelle inoxidable
5) Tuerca hexagonal inoxidable
6) ORIFICIO DE INSTALACIÓN

Nota: entre agosto de 2017 y el segundo trimestre de 2018, el Φ9x12 se sustituirá progresivamente por Φ9x14.

B. Montaje con grapas

- Trina Solar ha probado los módulos con varias grapas de distintos fabricantes y recomienda utilizar grapas que dispongan de una arandela de EPDM u otro material aislante, así como de un perno de montaje M6 como mínimo.
- La grapa debe solaparse con el marco del módulo al menos 7 mm, pero no más de 10 mm.
- Use al menos cuatro grapas para fijar los módulos a los raíles de montaje.
- Las grapas de los módulos no deben entrar en contacto con el vidrio delantero y no deben deformar el marco.
- Asegúrese de que las grapas de los módulos no producen efectos de sombra.
- No se debe modificar el marco del módulo bajo ninguna circunstancia.
- Si opta por el método de montaje con grapas, utilice al menos cuatro grapas por módulo; deben fijarse dos grapas en cada lado largo del módulo (orientación vertical), o en cada lado corto del módulo (orientación horizontal). En función de las cargas de viento y de nieve de la zona, pueden necesitarse grapas adicionales para garantizar que los módulos sean capaces de soportar las cargas.
- Debe utilizarse un par de apriete según la norma de diseño mecánico adecuada para el perno usado por el cliente, por ejemplo: M8 ---- 16-20 Nm

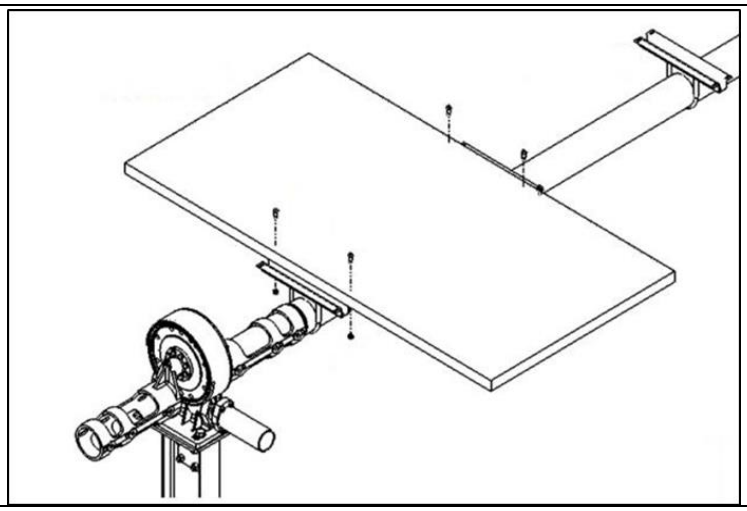
Instalación de la grapa terminal	Instalación de la grapa central
	

C. Montaje con sistemas de seguimiento de un solo eje

- Esta instalación es solamente para módulos con marco de 72 células.
- Es un sistema de seguimiento de un solo eje; el módulo se fija al eje empernando

el marco largo.

- El marco de cada módulo tiene cuatro orificios de montaje de φ7*10 mm con una ubicación específica tal como se muestra en la figura 3.
- Sujete el módulo en cada punto de fijación mediante un perno M6, dos arandelas planas, una arandela de resorte y una tuerca, tal como se muestra en la figura 3.
- Si se utiliza un perno diferente similar a M6, debe apretarse con un par de 9~12 Nm.
- Todas las piezas en contacto con el marco deben utilizar arandelas planas de acero inoxidable con un espesor mínimo de 1,5 mm y un diámetro externo de 16 a 20 mm.
- El perno debe ser de acero inoxidable o de otro material resistente a la corrosión.
- Presión de carga mecánica según este método: 2400 Pa (nieve) como máximo desde el lado delantero y 2400 Pa (viento) como máximo desde la parte trasera según UL 1703.



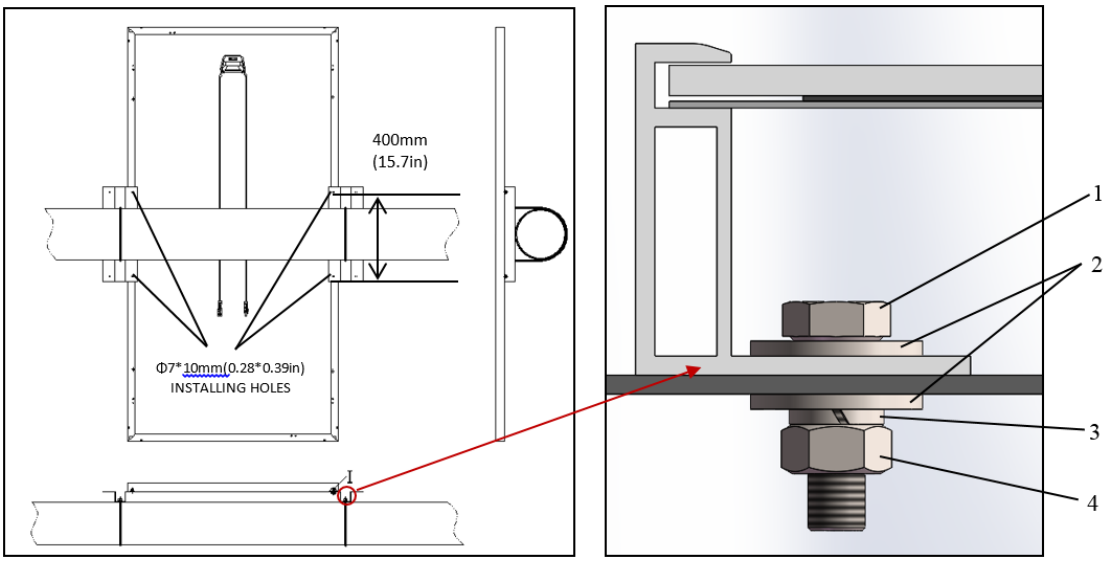


Figura 3. Módulo fotovoltaico instalado con un sistema de seguimiento de un solo eje

1) Perno de acero inoxidable M6

2) Arandela plana inoxidable

3) Arandela de muelle inoxidable

4) Tuerca hexagonal inoxidable

7.2.2 PUESTA A TIERRA

- Todos los marcos y bastidores de montaje de módulos se deben conectar a tierra adecuadamente y de conformidad con el Código Eléctrico Nacional pertinente.
- Una puesta a tierra correcta se consigue conectando de forma continua el/los marco/s de los módulos y todos los elementos estructurales metálicos, mediante la utilización de un conductor de puesta a tierra adecuado. El conductor o cinta de puesta a tierra puede ser de cobre, de aleación de cobre o de cualquier otro material admitido para su uso como conductor eléctrico en los respectivos códigos eléctricos nacionales. El conductor de puesta a tierra debe conectarse a tierra mediante un electrodo de conexión a tierra adecuado.
- Los módulos de Trina Solar se pueden instalar utilizando dispositivos de otras compañías para la puesta a tierra de sus marcos metálicos. Los dispositivos han de instalarse de conformidad con las instrucciones especificadas por el fabricante del dispositivo de puesta a tierra.
- Consulte en www.trinasolar.com el enlace de «Catálogo de productos» en el que se indica el tamaño y las ubicaciones del orificio de puesta a tierra.
- Trina Solar recomienda utilizar los métodos siguientes para conectar los módulos a tierra adecuadamente:

Método 1: Perno de puesta a tierra Tyco núm. 2058729-1:

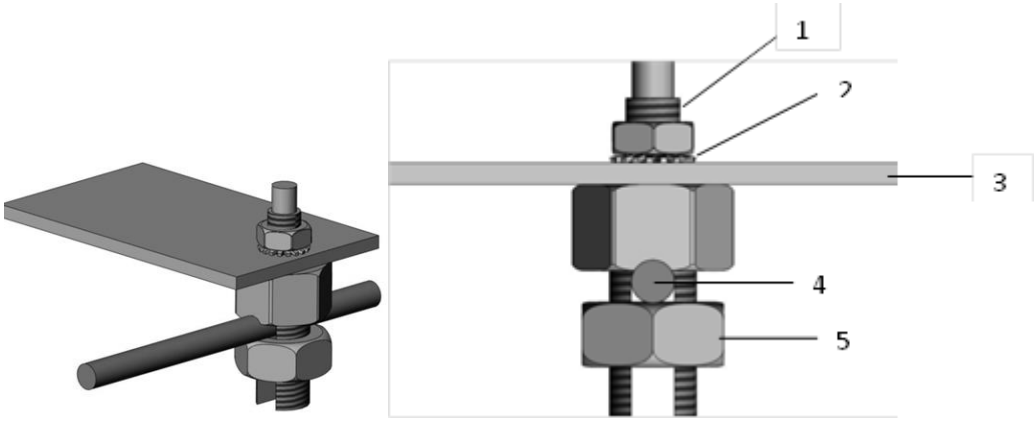


Figura 4. Perno de puesta a tierra Tyco núm. 2058729-1

1) Perno y ranura de hilo

2) Tuerca hexagonal de arandela de montaje

3) Marco de aluminio

4) Cable de 0,04 a 0,16 cm^2

5) Tuerca hexagonal

- Los materiales de puesta a tierra de Tyco se sirven en un paquete que incluye el perno de puesta a tierra y la tuerca hexagonal de montaje y de puesta a tierra.
- El contacto eléctrico se realiza insertando en el revestimiento anodizado del marco de aluminio y apretando la tuerca hexagonal de montaje (incluye arandela de estrella) al par adecuado de 3 Nm.
- Se debe seleccionar el calibre del hilo de puesta a tierra (6 a 12 AWG de cobre desnudo macizo) e instalarse debajo del perno de conexión del hilo.
- El perno de conexión del hilo debe apretarse al par de apriete adecuado de 5 Nm.

Método 2: Perno de puesta a tierra Tyco núm. 1954381-2:

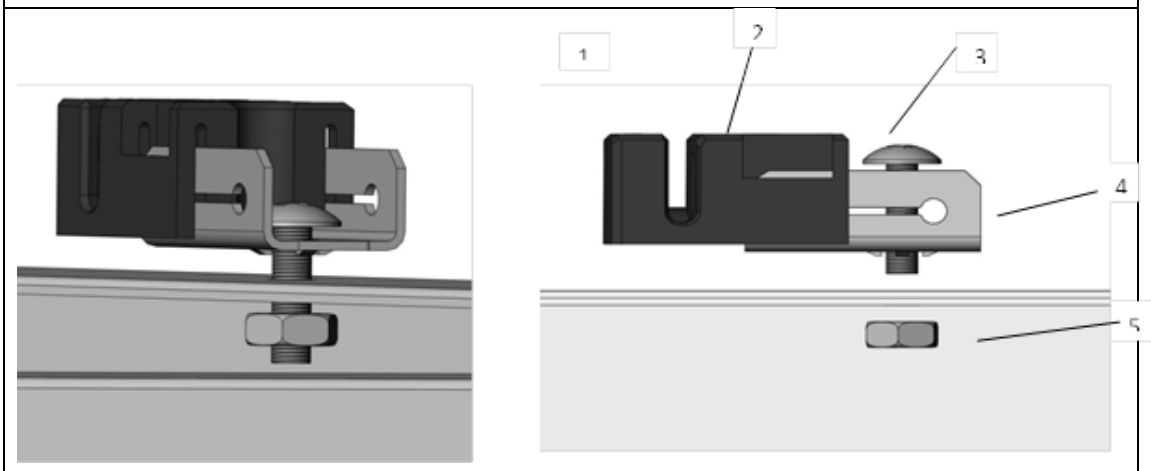


Figura 5. Perno de puesta a tierra Tyco núm. 1954381-2 (NO aplicable a los módulos de la serie TRINAMOUNT)

1) Ranura de hilo (disponible para cable de 0,04 a 0,16 cm^2)
2) Corredera
3) Perno
4) Base
5) Tuerca

- Los materiales de puesta a tierra de Tyco se sirven en un paquete que incluye el perno de puesta a tierra y la tuerca hexagonal de montaje y de puesta a tierra.
- El contacto eléctrico se realiza insertando en el revestimiento anodizado del marco de aluminio y apretando la tuerca hexagonal de montaje (incluye arandela de estrella) al par adecuado de 3 Nm.
- Se debe seleccionar el calibre del hilo de puesta a tierra (6 a 12 AWG de cobre desnudo macizo) e instalarse debajo del perno de conexión del hilo.
- El perno de conexión del hilo debe apretarse al par adecuado de 5 Nm.
- El perno de conexión a tierra de Tyco solamente está calificado para utilizarse con hilo de cobre desnudo macizo de 6 a 12 AWG.

Método 3: Perno de puesta a tierra ERICO núm. EL6CS14-6

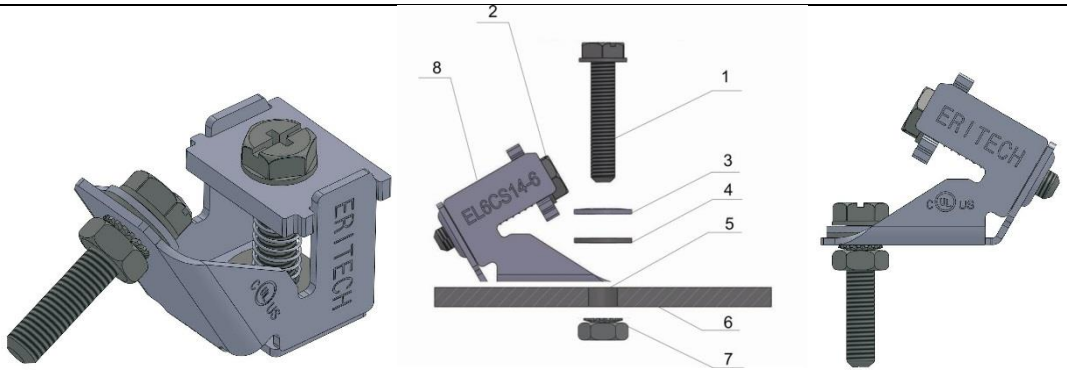


Figura 6. Perno de puesta a tierra ERICO núm. EL6CS14-6 (NO aplicable a los módulos de la serie TRINAMOUNT)

1) Perno de máquina A
2) Perno de máquina B
3) Arandela Belleville
4) Arandela plana
5) Hueco de orificio para perno de máquina núm. 10 [M5]
6) Marco de aluminio
7) Tuerca hexagonal de máquina con arandela de seguridad
8) Perno de puesta a tierra

- El terminal debe instalarse sobre una superficie que sea mayor que la superficie inferior del terminal.
- El terminal debe instalarse en los orificios de toma de tierra facilitados en el módulo fotovoltaico.
- El perno de máquina A debe apretarse con un par de 4 Nm para fijar el perno de puesta a tierra al marco del módulo.
- El perno de puesta a tierra solamente está calificado para utilizarse con hilo de cobre desnudo macizo de 6 a 12 AWG.
- Para conectar correctamente el hilo, el perno de máquina B debe apretarse a un

par de 4 Nm.

7.2.3 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

- Todo el cableado debe realizarse a cargo de instaladores cualificados y de conformidad con los códigos y las normativas vigentes.
- Los módulos pueden conectarse en serie para incrementar la tensión de funcionamiento; para ello, se introduce el enchufe positivo de un módulo en la toma hembra negativa del siguiente. Antes de conectar los módulos, asegúrese siempre de que los contactos están libres de corrosión, limpios y secos.
- El producto puede sufrir daños irreparables si una cadena de módulos se conecta a otra con la polaridad invertida. Verifique siempre la tensión y la polaridad de cada cadena de módulos antes de efectuar una conexión en paralelo. Si detecta polaridad invertida o una diferencia de más de 10 V entre las cadenas, revise la configuración de la cadena antes de efectuar la conexión.
- Los módulos de Trina Solar cuentan con cables de cobre trenzados con una sección transversal de 4 mm2 y están clasificados para soportar 1000 V de corriente continua, 90 °C y son resistentes a la luz ultravioleta (para el caso de TSM-PE05A.**, PE14A.**, 1500 V de corriente continua, 90 °C y resistentes a la luz ultravioleta). El resto de cables utilizados para conectar el sistema de corriente continua deben tener, como mínimo, dichas características. Trina Solar recomienda que todos los cables se hallen alojados en conductos apropiados y alejados de zonas propensas a acumular agua.
- La tensión máxima del sistema debe ser inferior a la tensión máxima certificada de 1000 V de valor típico (en el caso de TSM-PE05A.**, PE14A.**, inferior a 1500 V), o bien a la tensión máxima de entrada del inversor y de los demás dispositivos eléctricos instalados en el sistema. Para garantizar que esto sea así, se debe calcular la tensión del circuito abierto de la cadena de módulos partiendo de la temperatura ambiente más baja estimada para el emplazamiento en cuestión. Esto puede hacerse mediante la siguiente fórmula:

  Tensión máx. del sistema ≥ N * Voc * [1 + TCvoc x (Tmin-25)]

  Donde

  N Número de módulos en serie

  Voc Tensión del circuito abierto de cada módulo (consulte la etiqueta del producto o la ficha técnica)

  TCvoc Coeficiente térmico de la tensión en circuito abierto del módulo (consulte la ficha técnica)

  Tmin Temperatura ambiente mínima prevista

- Cada módulo tiene dos cables de salida resistentes a la luz solar y a una temperatura de 90 °C de tipo estándar terminados cada uno en conectores de enchufe rápido. El tipo y calibre del hilo de los cables de salida son cable de hilo fotovoltaico de 1000 V nominales (para TSM-PE05A.**, PE14A.** de 1500 V CC) y 12 AWG. Este cable es adecuado para aplicaciones en las que esté expuesto directamente a los rayos del sol. Es necesario que todo el cableado y las conexiones eléctricas cumplan con los códigos eléctricos nacionales correspondientes.
- Los diámetros exteriores mínimos y máximos del cable son entre 5 y 7 mm.
- Para conexiones de campo, utilice cables de hilo de cobre de al menos 4 mm2 con aislamiento para un mínimo de 90 °C y resistencia a la luz solar con aislamiento, designados como cables fotovoltaicos.
- El radio mínimo de curvatura de los cables debe ser de 43 mm.

7.2.3.1 CABLEADO

- Para garantizar un funcionamiento correcto del sistema, asegúrese de que el cable está conectado con la polaridad correcta (figuras 1 y 2) al conectar los módulos entre sí o a una carga, tal como el inversor, una batería, etc. Si los módulos no se conectan correctamente, se podría destruir el diodo de bypass. Los módulos FV se pueden cablear en serie para aumentar la tensión. Una conexión en serie se realiza cuando se conecta un cable del polo positivo de un módulo al polo negativo del módulo siguiente. La figura 1 muestra módulos conectados en serie. Los módulos FV se pueden conectar en paralelo para aumentar la corriente (figura 2). Una conexión en paralelo se realiza cuando se conecta el cable del polo positivo de un módulo al polo positivo del módulo siguiente.
- El número de módulos en serie y en paralelo se debe prever de forma razonable según la configuración del sistema.
- Se deben seguir todas las instrucciones anteriores para mantener la validez de la garantía limitada de Trina Solar.

Conexión en serie

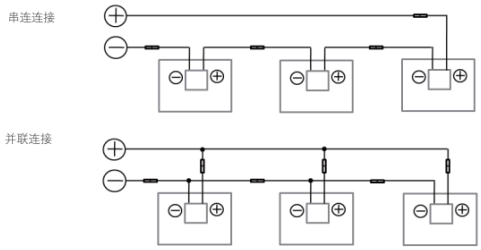


Figura 1

Conexión en paralelo tras la conexión en serie

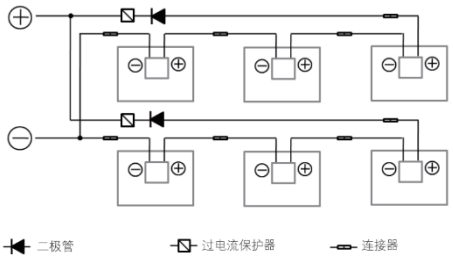


Figura 2

7.2.3.2 FUSIBLES

- Cuando se instalen fusibles, su clasificación deberá corresponderse con la tensión máxima de corriente continua y deberán conectarse en cada uno de los polos sin puesta a tierra del conjunto (si el sistema no cuenta con puesta a tierra, los fusibles deberían conectarse tanto en los polos positivos como en los negativos).
- La clasificación máxima de un fusible conectado en serie con una cadena de módulos es normalmente de 15 A, aunque la clasificación específica real del módulo puede consultarse en la etiqueta y en la ficha técnica del producto.
- Esta clasificación del fusible se corresponde también con la corriente inversa máxima que un módulo puede soportar (cuando una cadena queda a la sombra, esta cargará a las restantes cadenas de módulos paralelas y circulará la corriente) y, por tanto, afecta al número de cadenas en paralelo.
- NO comparta un fusible de una caja de conexiones con dos o más cadenas conectadas en paralelo.

8. SELECCIÓN Y COMPATIBILIDAD DE LOS INVERSORES

- Cuando se instalan en sistemas regulados por los estándares IEC, los módulos Trina Solar no requieren normalmente conexión electrónica a tierra y, por tanto, pueden funcionar juntos tanto con inversores de aislamiento galvánico (con transformador) como con inversores sin transformador.

- Algunas veces se observa degradación inducida por potencial (PID, por sus siglas en inglés) en los módulos fotovoltaicos debido a la existencia simultánea de humedad, temperatura y tensión elevadas. La PID tiende a provocar degradación en las condiciones siguientes:
  - Instalaciones en climas cálidos y húmedos.
  - Instalación cerca de una fuente de humedad continua, tales como masas de agua.
- Para reducir el riesgo de PID, aconsejamos encarecidamente que los módulos incluyan la tecnología Anti-PID de Trina Solar, la cual se puede aplicar a cualquiera de los productos de la marca. Otra solución es utilizar un inversor que incluya un transformador así como una puesta a tierra adecuada en la pata negativa de corriente continua del conjunto fotovoltaico.
- Para garantizar un funcionamiento adecuado del módulo en tensión positiva, elija inversores con transformadores de aislamiento en zonas cálidas y húmedas (litorales, humedales, etc.).

9. MANTENIMIENTO DEL MÓDULO FV

9.1 INSPECCIÓN VISUAL Y SUSTITUCIÓN DEL PANEL

Los módulos del conjunto fotovoltaico se deben inspeccionar periódicamente en busca de daños. Factores como la rotura del cristal, la rotura de un cable y daños en la caja de conexiones pueden provocar problemas de funcionamiento y de seguridad. En el caso de que un módulo esté dañado, sustitúyalo por el mismo tipo de módulo. Consulte el *Manual de instalación del producto* para la instalación y el desmontaje del módulo.

Un sistema de energía solar bien diseñado requiere un mantenimiento mínimo; sin embargo, el rendimiento y la fiabilidad del sistema pueden mejorarse con algunas medidas sencillas.

- El mantenimiento debe ser llevado a cabo una vez al año como mínimo por personal formado que lleve en todo momento guantes y botas de goma que soporten una tensión de trabajo máxima nunca inferior a 1000 V de corriente continua (para TSM-PE05A.**, PE14A.**, no inferior a 1500 V de corriente continua).
- Pode cualquier tipo de vegetación que pudiera dar sombra sobre el conjunto solar, afectando así a su rendimiento.
- Compruebe que los componentes de montaje están debidamente apretados.
- Verifique en todas las cadenas el funcionamiento de los fusibles instalados en cada polo sin conexión a tierra.
- Los módulos de recambio deben ser del mismo tipo. NO toque las partes con tensión de cables y conectores. Utilice un equipo de seguridad adecuado (herramientas aisladas, guantes aislantes, etc.) cuando manipule los módulos.
- Cubra la superficie delantera de los módulos utilizando un material opaco durante la reparación. Los módulos generan una tensión elevada cuando se exponen a la luz solar y, por tanto, son peligrosos.
- Actualmente los módulos fotovoltaicos de Trina Solar incluyen diodos de bypass en la caja de conexiones. Esto minimiza el calentamiento del módulo y las pérdidas de corriente.
  - NO intente abrir la caja de conexiones para cambiar los diodos, ni siquiera en caso de avería.

- En los sistemas que emplean una batería, los diodos de bloqueo normalmente se colocan entre la batería y la salida del módulo FV para impedir la descarga de la batería por la noche.

- En el caso de que se dañe un módulo (rotura del cristal o arañazos en la lámina) y deba sustituirse.
  - Cumpla las precauciones de seguridad indicadas anteriormente en el manual.
  - Lleve guantes resistentes al corte y otros equipos de protección individual necesarios para la instalación en particular.
  - Aísle la cadena de la matriz afectada para evitar que fluya corriente antes de intentar retirar el módulo.
  - Desconecte los conectores del módulo afectado utilizando la herramienta de desconexión pertinente facilitada por el proveedor.
  - Sustituya el módulo dañado por un módulo nuevo del mismo tipo.
  - Compruebe la tensión de circuito abierto de la cadena de la matriz y verifique que se encuentra dentro de los 10 V del resto de cadenas que deben conectarse en paralelo.
  - Vuelva a encender el disyuntor.

9.2 INSPECCIÓN DEL CONECTOR Y DEL CABLE

- Inspeccione todos los cables para verificar que las conexiones estén bien sujetas; también que los cables estén protegidos de la luz solar directa y alejados de zonas de acumulación de agua.
- Se recomienda comprobar el par de apriete de los pernos del terminal y el estado general del cableado al menos una vez al año. Compruebe también que los componentes de montaje están debidamente apretados. La matriz se dañará si existen conexiones sueltas.

9.3 LIMPIEZA

La cantidad de electricidad generada por un módulo solar es proporcional a la cantidad de luz que incide sobre él. Un módulo con células a la sombra producirá menos energía y, por consiguiente, es importante conservar los módulos limpios.

- Limpie los módulos fotovoltaicos cuando la irradiancia sea inferior a 200 W/m2. No utilice líquidos con una gran diferencia de temperatura con respecto a los módulos para limpiarlos.
- Queda prohibido limpiar los módulos fotovoltaicos en caso de vientos superiores a cuatro grados, y lluvia o nevada fuertes.
- Al limpiar con agua a presión, la presión del agua en la superficie de cristal no debe superar los 700 KPa; queda prohibido que el módulo soporte fuerzas adicionales.
- Al limpiar los módulos fotovoltaicos: NO se suba a los módulos, NO pulverice agua en la parte posterior del módulo ni los cables, NO limpie la parte posterior de los módulos; mantenga los conectores limpios y secos, evite incendios o descargas eléctricas y NO utilice un limpiador de vapor.
- Pode regularmente cualquier tipo de vegetación que pudiera dar sombra sobre el conjunto solar, afectando así a su rendimiento.
- Para limpiar los módulos, utilice un paño suave junto con agua limpia y un detergente suave. Evite los cambios bruscos de temperatura que pudieran dañar el módulo durante su limpieza, utilizando agua a una temperatura similar a la de los módulos que se están limpiando.

- Utilice paños limpios, suaves y secos o mojados para limpiar los módulos fotovoltaicos; queda prohibido el uso de disolventes no corrosivos u objetos duros.
- En el caso de que la superficie de los módulos fotovoltaicos estuviera sucia de grasa y otras sustancias difíciles de limpiar, utilice un detergente líquido neutro sin fricción. NO utilice ningún disolvente orgánico que contenga ácidos o álcalis para limpiar el módulo.
- Al limpiar la superficie trasera del módulo, tenga cuidado de no penetrar en el material del sustrato. Los módulos que se instalan planos (inclinación de 0°) deben limpiarse más a menudo dado que NO se «limpian solos» tanto como los instalados con inclinaciones superiores a 10°.
- Si no está seguro de que el conjunto de la instalación, o una parte de esta, necesite una limpieza, seleccione primero una cadena de módulos que esté especialmente sucia y siga los siguientes pasos:
- Mida y registre la corriente eléctrica suministrada al inversor desde esa cadena.
  - Limpie todos los módulos de la cadena.
  - Mida de nuevo la corriente eléctrica suministrada al inversor y calcule el porcentaje de mejora generado por la limpieza.
- Si la mejora es inferior al 5 %, entonces no suele merecer la pena realizar el gasto de la limpieza. La verificación anteriormente descrita solo debería llevarse a cabo cuando la incidencia solar sea realmente constante (cielo claro, radiación solar fuerte, sin nubes).
- Normalmente, no es necesario limpiar la superficie trasera del módulo, pero si se considerase conveniente efectuarla, evite el uso de cualquier saliente afilado que pudiera dañar por penetración el material de sustrato.

9.3.1 REQUISITOS DE LA CALIDAD DEL AGUA

- pH: 5~7
- Cloruro y salinidad: 0-3000 mg/l
- Turbidez: 0-30 NTU
- Conductividad: 1500~3000 μs/cm
- Total de sólidos disueltos (TDS): ≤1000 mg/l
- Dureza del agua (iones de calcio y magnesio): 0-40 mg/l
- Se debe utilizar agua no alcalina; si las condiciones lo permiten, utilizar agua desmineralizada.

9.3.2 INSPECCIÓN DEL MÓDULO TRAS LA LIMPIEZA

- Inspeccione el módulo y asegúrese de que está limpio, brillante y libre de manchas.
- Compruebe aleatoriamente si hay depósitos de hollín en la superficie del módulo.
- Compruebe visualmente que no hay arañazos visibles en la superficie del módulo.
- Compruebe visualmente que no hay grietas provocadas por el hombre en la superficie del módulo.
- Compruebe visualmente si la estructura de soporte del módulo está inclinada o doblada después de limpiar.
- Compruebe visualmente si los terminales del cableado del módulo están desconectados.

- Después de limpiar los módulos fotovoltaicos, rellene el registro de limpieza del módulo.

9.3.3 RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

- Si su instalación no funciona adecuadamente, informe a su instalador de inmediato.

10. NOTIFICACIÓN DE PROBLEMAS TÉCNICOS O RECLAMACIONES

- Póngase en contacto con su instalador
- Contacte con el equipo del servicio posventa de Trina Solar en la dirección: http://customerservice.trinasolar.com/
- Envíe el formulario de comentarios del cliente disponible en la dirección: www.trinasolar.com. Un miembro de nuestro servicio técnico se pondrá en contacto con usted en el plazo de cinco días laborables. Se necesita un nombre de usuario y una contraseña para enviar comentarios desde el enlace del servicio de atención al cliente.
- Puede descargar las especificaciones o fichas de datos en: http://www.trinasolar.com/

UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ANEXO 4.1:

CALCULO DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA EN LA RIOJA (PVSYST): ESTRUCTURA FIJA

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

AUTOR:

JAVIER SÁENZ DE ZÁITIGUI VISA

Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación

Proyecto : **Logrono-Fixed**

Lugar geográfico	**Logrono/Agoncillo**		País	**España**
Ubicación	Latitud	42.45° N	Longitud	-2.33° W
Hora definido como	Hora Legal	Huso hor. UT+1	Altitud	363 m
	Albedo	0.20		
Datos climatológicos:	**Logrono/Agoncillo**	Meteonorm 7.1 (1995-2010) - Síntesis		

Variante de simulación : **Logrono-Fixed-Conf2**

Fecha de simulación 17/05/18 11h34

Parámetros de la simulación

Orientación Plano Receptor	Inclinación	30°	Acimut	0°
Modelos empleados	Transposición	Perez	Difuso	Perez, Meteonorm
Perfil obstáculos	Sin perfil de obstáculos			
Sombras cercanas	Sin sombreado			

Características generadores FV (8 Tipo de generador definido)

Módulo FV Si-mono	Modelo	**TSM-350DD14A(II)**		
Custom parameters definition	Fabricante	Trina Solar		

Sub-generador "Sub-array #1"

Número de módulos FV	En serie	30 módulos	En paralelo	109 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	3270	Pnom unitaria	350 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	**1145 kWp**	En cond. funciona.	1019 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	1026 V	I mpp	993 A

Sub-generador "Sub-array #2"

Número de módulos FV	En serie	30 módulos	En paralelo	109 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	3270	Pnom unitaria	350 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	**1145 kWp**	En cond. funciona.	1019 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	1026 V	I mpp	993 A

Sub-generador "Sub-array #3"

Número de módulos FV	En serie	30 módulos	En paralelo	109 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	3270	Pnom unitaria	350 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	**1145 kWp**	En cond. funciona.	1019 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	1026 V	I mpp	993 A

Sub-generador "Sub-array #4"

Número de módulos FV	En serie	30 módulos	En paralelo	109 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	3270	Pnom unitaria	350 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	**1145 kWp**	En cond. funciona.	1019 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	1026 V	I mpp	993 A

Sub-generador "Sub-array #5"

Número de módulos FV	En serie	30 módulos	En paralelo	109 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	3270	Pnom unitaria	350 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	**1145 kWp**	En cond. funciona.	1019 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	1026 V	I mpp	993 A

Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación (continuación)

Sub-generador "Sub-array #6"

Número de módulos FV	En serie	30 módulos	En paralelo	109 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	3270	Pnom unitaria	350 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	**1145 kWp**	En cond. funciona.	1019 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	1026 V	I mpp	993 A

Sub-generador "Sub-array #7"

Número de módulos FV	En serie	30 módulos	En paralelo	109 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	3270	Pnom unitaria	350 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	**1145 kWp**	En cond. funciona.	1019 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	1026 V	I mpp	993 A

Sub-generador "Sub-array #8"

Número de módulos FV	En serie	30 módulos	En paralelo	109 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	3270	Pnom unitaria	350 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	**1145 kWp**	En cond. funciona.	1019 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	1026 V	I mpp	993 A

Total Potencia global generadores	Nominal (STC)	**9156 kWp**	Total	26160 módulos
	Superficie módulos	**50760 m²**	Superf. célula	45619 m²

Inversor	Modelo	**Sunny Central 1850**		
Custom parameters definition	Fabricante	SMA		
Características	Tensión Funciona.	535-1200 V	Pnom unitaria	1850 kWac
Sub-generador "Sub-array #1"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	1850 kWac
Sub-generador "Sub-array #2"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	1850 kWac
Sub-generador "Sub-array #3"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	1850 kWac
Sub-generador "Sub-array #4"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	1850 kWac
Sub-generador "Sub-array #5"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	1850 kWac
Sub-generador "Sub-array #6"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	1850 kWac
Sub-generador "Sub-array #7"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	1850 kWac
Sub-generador "Sub-array #8"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	1850 kWac
Total	N° de inversores	8	Potencia total	14800 kWac

Factores de pérdida Generador FV

Factor de pérdidas térmicas	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (viento)	0.0 W/m²K / m/s
Pérdida Óhmica en el Cableado	Generador#1	17 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Generador#2	17 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Generador#3	17 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Generador#4	17 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Generador#5	17 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Generador#6	17 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Generador#7	17 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Generador#8	17 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Global		Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
Pérdida Calidad Módulo			Fracción de Pérdidas	-0.3 %
Pérdidas Mismatch Módulos			Fracción de Pérdidas	1.0 % en MPP
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	Parám. bo	0.05

Necesidades de los usuarios : Carga ilimitada (red)

Sistema Conectado a la Red: Resultados principales

Proyecto : **Logrono-Fixed**

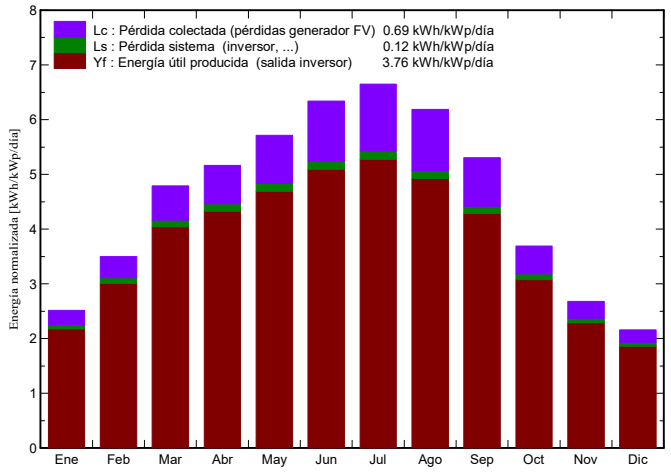
Variante de simulación : **Logrono-Fixed-Conf2**

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	**Conectado a la red**		
Orientación Campos FV	inclinación	30°	acimut	0°
Módulos FV	Modelo	TSM-350DD14A(II)	Pnom	350 Wp
Generador FV	N° de módulos	26160	Pnom total	**9156 kWp**
Inversor	Modelo	Sunny Central 1850	Pnom	1850 kW ac
Banco de inversores	N° de unidades	8.0	Pnom total	**14800 kW ac**
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)			

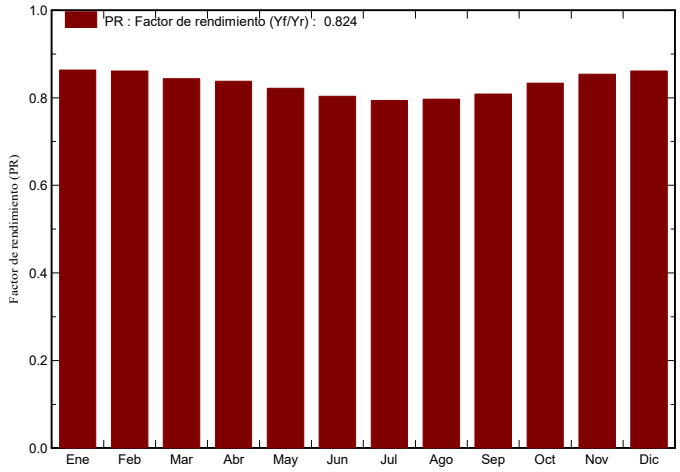
Resultados principales de la simulación

Producción del Sistema	**Energía producida**	**12559 MWh/año**	Produc. específico	1372 kWh/kWp/año
	Factor de rendimiento (PR)	82.37 %		

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 9156 kWp



Factor de rendimiento (PR)



Logrono-Fixed-Conf2

Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR
Enero	48.0	22.69	6.03	78.1	75.8	640	617	0.864
Febrero	70.2	35.63	7.12	97.9	95.1	798	772	0.861
Marzo	119.4	54.30	10.21	148.4	144.3	1183	1147	0.844
Abril	144.1	72.00	12.32	155.0	150.3	1226	1188	0.838
Mayo	178.3	89.79	16.53	177.1	171.1	1373	1332	0.822
Junio	197.6	88.09	21.02	190.1	184.0	1439	1399	0.803
Julio	209.8	78.25	22.71	206.1	199.6	1540	1498	0.794
Agosto	180.0	70.18	22.39	191.7	186.0	1438	1399	0.797
Septiembre	133.5	51.64	18.64	159.2	154.6	1213	1178	0.808
Octubre	87.3	48.76	14.91	114.5	111.0	903	874	0.833
Noviembre	53.3	28.57	9.23	80.4	78.0	651	628	0.854
Diciembre	40.5	21.52	6.05	67.0	64.9	548	528	0.861
Año	1462.1	661.42	13.97	1665.4	1614.7	12952	12559	0.824

Leyendas:

GlobHor	Irradiación global horizontal	GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombreados
DiffHor	Irradiación difusa horizontal	EArray	Energía efectiva en la salida del generador
T Amb	Temperatura Ambiente	E_Grid	Energía reinyectada en la red
GlobInc	Global incidente plano receptor	PR	Factor de rendimiento

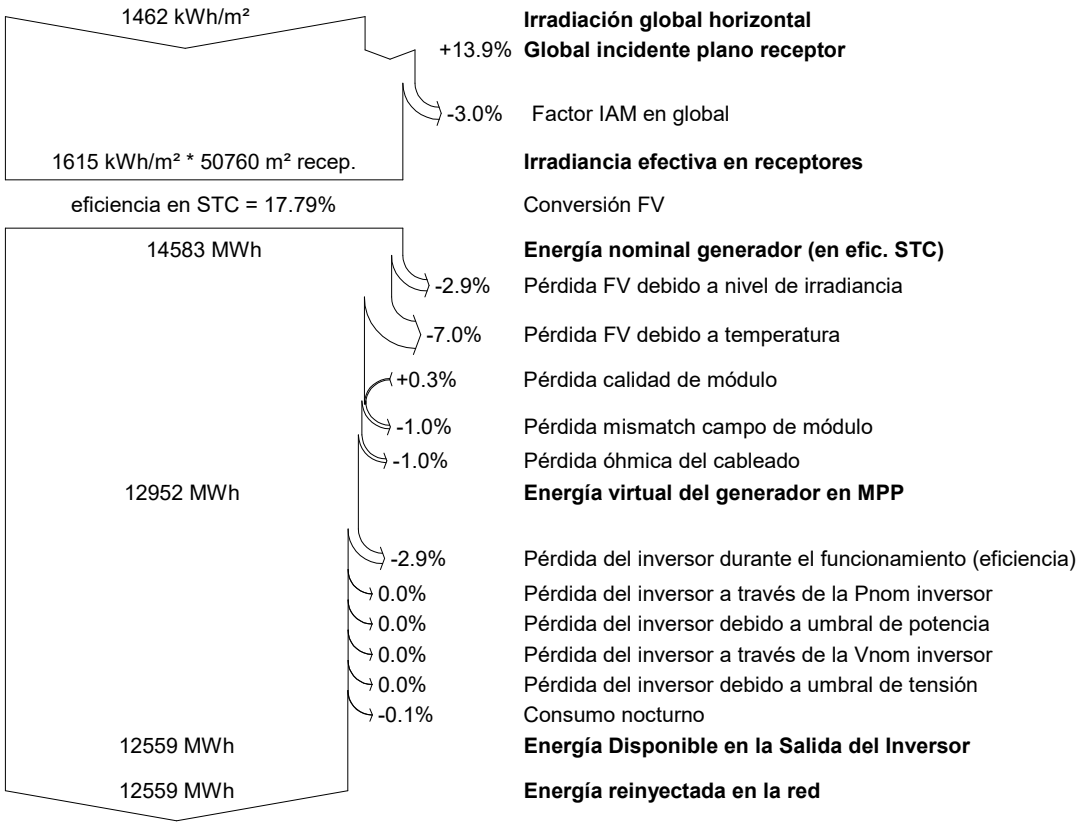
Sistema Conectado a la Red: Diagrama de pérdidas

Proyecto : **Logrono-Fixed**

Variante de simulación : **Logrono-Fixed-Conf2**

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	**Conectado a la red**		
Orientación Campos FV	inclinación	30°	acimut	0°
Módulos FV	Modelo	TSM-350DD14A(II)	Pnom	350 Wp
Generador FV	N° de módulos	26160	Pnom total	**9156 kWp**
Inversor	Modelo	Sunny Central 1850	Pnom	1850 kW ac
Banco de inversores	N° de unidades	8.0	Pnom total	**14800 kW ac**
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)			

Diagrama de pérdida durante todo el año



Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación

Proyecto : **Logrono-Fixed**

Lugar geográfico	**Logrono/Agoncillo**		País	**España**
Ubicación	Latitud	42.45° N	Longitud	-2.33° W
Hora definido como	Hora Legal	Huso hor. UT+1	Altitud	363 m
	Albedo	0.20		
Datos climatológicos:	**Logrono/Agoncillo**	Meteonorm 7.1 (1995-2010) - Síntesis		

Variante de simulación : **Logrono-Fixed-Conf1**

Fecha de simulación 17/05/18 11h33

Parámetros de la simulación

Orientación Plano Receptor	Inclinación	30°	Acimut	0°
Modelos empleados	Transposición	Perez	Difuso	Perez, Meteonorm
Perfil obstáculos	Sin perfil de obstáculos			
Sombras cercanas	Sin sombreado			

Características generadores FV (2 Tipo de generador definido)

Módulo FV Si-mono	Modelo	**TSM-350DD14A(II)**		
Custom parameters definition	Fabricante	Trina Solar		
Sub-generador "Sub-array #1"				
Número de módulos FV	En serie	30 módulos	En paralelo	108 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	3240	Pnom unitaria	350 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	**1134 kWp**	En cond. funciona.	1009 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	1026 V	I mpp	984 A
Sub-generador "Sub-array #2"				
Número de módulos FV	En serie	30 módulos	En paralelo	108 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	3240	Pnom unitaria	350 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	**1134 kWp**	En cond. funciona.	1009 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	1026 V	I mpp	984 A
Total Potencia global generadores	Nominal (STC)	**2268 kWp**	Total	6480 módulos
	Superficie módulos	**12573 m²**	Superf. célula	11300 m²

Inversor	Modelo	**Sunny Central 1850**		
Custom parameters definition	Fabricante	SMA		
Características	Tensión Funciona.	535-1200 V	Pnom unitaria	1850 kWac
Sub-generador "Sub-array #1"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	1850 kWac
Sub-generador "Sub-array #2"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	1850 kWac
Total	N° de inversores	2	Potencia total	3700 kWac

Factores de pérdida Generador FV

Factor de pérdidas térmicas	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (viento)	0.0 W/m²K / m/s
Pérdida Óhmica en el Cableado	Generador#1	18 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Generador#2	18 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Global		Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
Pérdida Calidad Módulo			Fracción de Pérdidas	-0.3 %
Pérdidas Mismatch Módulos			Fracción de Pérdidas	1.0 % en MPP
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	Parám. bo	0.05

Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación (continuación)

Necesidades de los usuarios : Carga ilimitada (red)

Sistema Conectado a la Red: Resultados principales

Proyecto : **Logrono-Fixed**

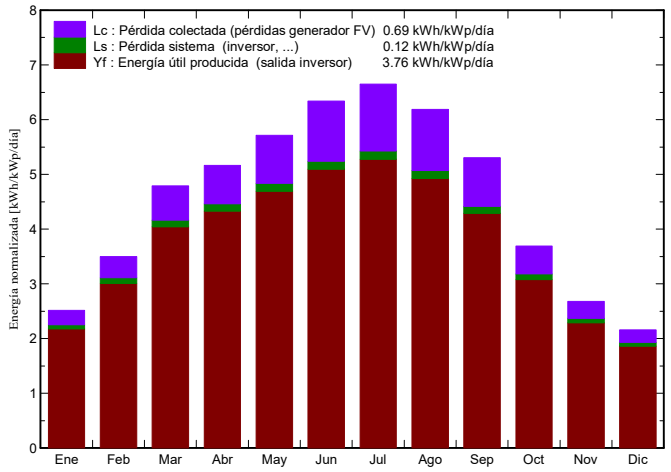
Variante de simulación : **Logrono-Fixed-Conf1**

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	**Conectado a la red**		
Orientación Campos FV	inclinación	30°	acimut	0°
Módulos FV	Modelo	TSM-350DD14A(II)	Pnom	350 Wp
Generador FV	N° de módulos	6480	Pnom total	**2268 kWp**
Inversor	Modelo	Sunny Central 1850	Pnom	1850 kW ac
Banco de inversores	N° de unidades	2.0	Pnom total	**3700 kW ac**
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)			

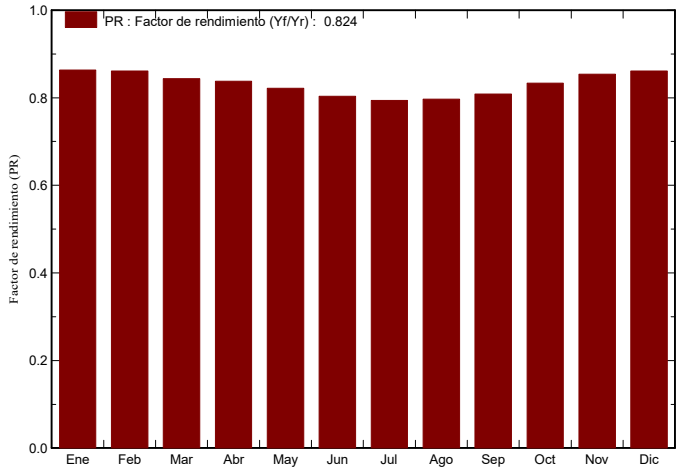
Resultados principales de la simulación

Producción del Sistema	**Energía producida**	**3111 MWh/año**	Produc. específico	1372 kWh/kWp/año
	Factor de rendimiento (PR)	82.36 %		

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 2268 kWp



Factor de rendimiento (PR)



Logrono-Fixed-Conf1

Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR
Enero	48.0	22.69	6.03	78.1	75.8	158.6	152.9	0.864
Febrero	70.2	35.63	7.12	97.9	95.1	197.7	191.1	0.861
Marzo	119.4	54.30	10.21	148.4	144.3	292.9	284.0	0.844
Abril	144.1	72.00	12.32	155.0	150.3	303.6	294.4	0.838
Mayo	178.3	89.79	16.53	177.1	171.1	340.0	329.9	0.821
Junio	197.6	88.09	21.02	190.1	184.0	356.6	346.4	0.803
Julio	209.8	78.25	22.71	206.1	199.6	381.5	370.9	0.794
Agosto	180.0	70.18	22.39	191.7	186.0	356.3	346.4	0.797
Septiembre	133.5	51.64	18.64	159.2	154.6	300.4	291.8	0.808
Octubre	87.3	48.76	14.91	114.5	111.0	223.6	216.4	0.833
Noviembre	53.3	28.57	9.23	80.4	78.0	161.3	155.6	0.854
Diciembre	40.5	21.52	6.05	67.0	64.9	135.8	130.7	0.861
Año	1462.1	661.42	13.97	1665.4	1614.7	3208.4	3110.7	0.824

Leyendas:

GlobHor	Irradiación global horizontal	GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombreados
DiffHor	Irradiación difusa horizontal	EArray	Energía efectiva en la salida del generador
T Amb	Temperatura Ambiente	E_Grid	Energía reinyectada en la red
GlobInc	Global incidente plano receptor	PR	Factor de rendimiento

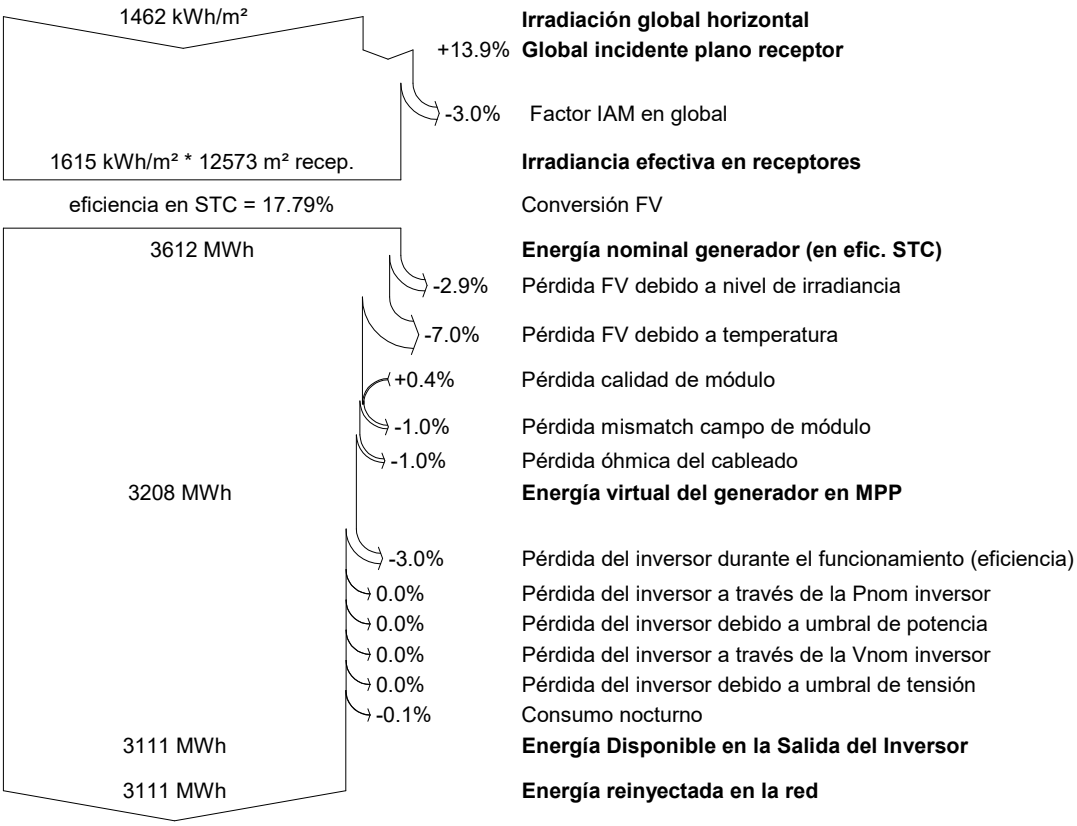
Sistema Conectado a la Red: Diagrama de pérdidas

Proyecto : **Logrono-Fixed**

Variante de simulación : **Logrono-Fixed-Conf1**

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	**Conectado a la red**		
Orientación Campos FV	inclinación	30°	acimut	0°
Módulos FV	Modelo	TSM-350DD14A(II)	Pnom	350 Wp
Generador FV	N° de módulos	6480	Pnom total	**2268 kWp**
Inversor	Modelo	Sunny Central 1850	Pnom	1850 kW ac
Banco de inversores	N° de unidades	2.0	Pnom total	**3700 kW ac**
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)			

Diagrama de pérdida durante todo el año



UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ANEXO 4.2:

CALCULO DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA EN LA RIOJA (PVSYST): SEGUIDOR

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

AUTOR:

JAVIER SÁENZ DE ZÁITIGUI VISA

Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación

Proyecto : **Logrono-Tracker**

Lugar geográfico	**Logrono/Agoncillo**		País	**España**
Ubicación	Latitud	42.45° N	Longitud	-2.33° W
Hora definido como	Hora Legal	Huso hor. UT+1	Altitud	363 m
	Albedo	0.20		
Datos climatológicos:	**Logrono/Agoncillo**	Meteonorm 7.1 (1995-2010) - Síntesis		

Variante de simulación : **Logrono-Tracker-Conf2**

Fecha de simulación 17/05/18 11h30

Parámetros de la simulación

Plano de seguimiento, eje inclinado	Inclinación eje	0°	Acimut eje	0°
Limitaciones de rotación	Fi mínimo	-55°	Fi máximo	55°
Modelos empleados	Transposición	Perez	Difuso	Perez, Meteonorm
Perfil obstáculos	Sin perfil de obstáculos			
Sombras cercanas	Sin sombreado			

Características generadores FV (8 Tipo de generador definido)

Módulo FV	Si-mono	Modelo	**TSM-350DD14A(II)**	
Custom parameters definition		Fabricante	Trina Solar	

Sub-generador "Sub-array #1"

Número de módulos FV	En serie	30 módulos	En paralelo	109 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	3270	Pnom unitaria	350 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	**1145 kWp**	En cond. funciona.	1019 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	1026 V	I mpp	993 A

Sub-generador "Sub-array #2"

Número de módulos FV	En serie	30 módulos	En paralelo	109 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	3270	Pnom unitaria	350 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	**1145 kWp**	En cond. funciona.	1019 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	1026 V	I mpp	993 A

Sub-generador "Sub-array #3"

Número de módulos FV	En serie	30 módulos	En paralelo	109 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	3270	Pnom unitaria	350 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	**1145 kWp**	En cond. funciona.	1019 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	1026 V	I mpp	993 A

Sub-generador "Sub-array #4"

Número de módulos FV	En serie	30 módulos	En paralelo	109 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	3270	Pnom unitaria	350 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	**1145 kWp**	En cond. funciona.	1019 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	1026 V	I mpp	993 A

Sub-generador "Sub-array #5"

Número de módulos FV	En serie	30 módulos	En paralelo	109 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	3270	Pnom unitaria	350 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	**1145 kWp**	En cond. funciona.	1019 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	1026 V	I mpp	993 A

Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación (continuación)

Sub-generador "Sub-array #6"

Número de módulos FV	En serie	30 módulos	En paralelo	109 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	3270	Pnom unitaria	350 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	**1145 kWp**	En cond. funciona.	1019 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	1026 V	I mpp	993 A

Sub-generador "Sub-array #7"

Número de módulos FV	En serie	30 módulos	En paralelo	109 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	3270	Pnom unitaria	350 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	**1145 kWp**	En cond. funciona.	1019 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	1026 V	I mpp	993 A

Sub-generador "Sub-array #8"

Número de módulos FV	En serie	30 módulos	En paralelo	109 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	3270	Pnom unitaria	350 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	**1145 kWp**	En cond. funciona.	1019 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	1026 V	I mpp	993 A

Total Potencia global generadores	Nominal (STC)	**9156 kWp**	Total	26160 módulos
	Superficie módulos	**50760 m²**	Superf. célula	45619 m²

Inversor	Modelo	**Sunny Central 1850**		
Custom parameters definition	Fabricante	SMA		
Características	Tensión Funciona.	535-1200 V	Pnom unitaria	1850 kWac
Sub-generador "Sub-array #1"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	1850 kWac
Sub-generador "Sub-array #2"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	1850 kWac
Sub-generador "Sub-array #3"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	1850 kWac
Sub-generador "Sub-array #4"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	1850 kWac
Sub-generador "Sub-array #5"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	1850 kWac
Sub-generador "Sub-array #6"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	1850 kWac
Sub-generador "Sub-array #7"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	1850 kWac
Sub-generador "Sub-array #8"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	1850 kWac
Total	N° de inversores	8	Potencia total	14800 kWac

Factores de pérdida Generador FV

Factor de pérdidas térmicas	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (viento)	0.0 W/m²K / m/s
Pérdida Óhmica en el Cableado	Generador#1	17 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Generador#2	17 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Generador#3	17 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Generador#4	17 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Generador#5	17 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Generador#6	17 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Generador#7	17 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Generador#8	17 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Global		Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
Pérdida Calidad Módulo			Fracción de Pérdidas	-0.3 %
Pérdidas Mismatch Módulos			Fracción de Pérdidas	1.0 % en MPP
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	Parám. bo	0.05

Necesidades de los usuarios : Carga ilimitada (red)

Sistema Conectado a la Red: Resultados principales

Proyecto : **Logrono-Tracker**

Variante de simulación : **Logrono-Tracker-Conf2**

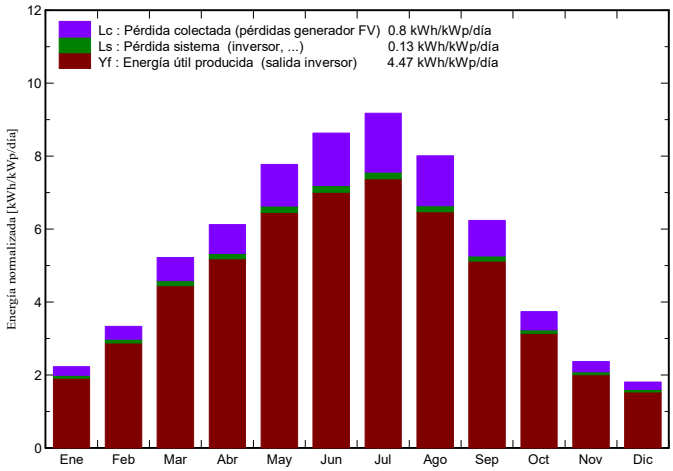
Parámetros principales del sistema Tipo de sistema **Conectado a la red**

Orientación Campo FV	Seguimiento, eje inclinado,	Inclinación eje	0°	Acimut eje 0°
Módulos FV		Modelo	TSM-350DD14A(II)	Pnom 350 Wp
Generador FV		N° de módulos	26160	Pnom total **9156 kWp**
Inversor		Modelo	Sunny Central 1850	Pnom 1850 kW ac
Banco de inversores		N° de unidades	8.0	Pnom total **14800 kW ac**
Necesidades de los usuarios		Carga ilimitada (red)		

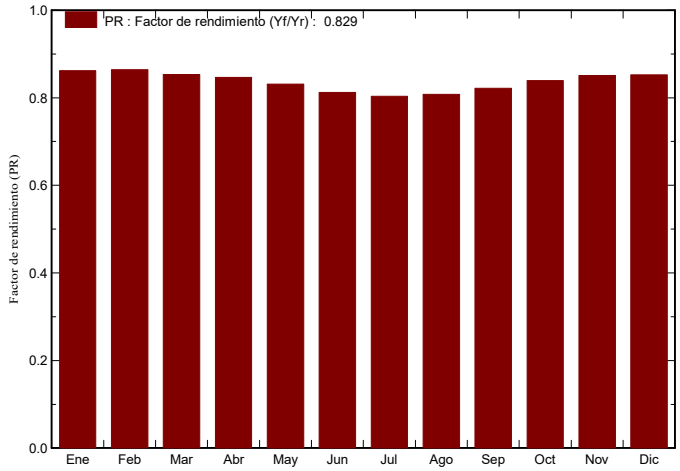
Resultados principales de la simulación

Producción del Sistema	**Energía producida**	**14952 MWh/año**	Produc. específico	1633 kWh/kWp/año
	Factor de rendimiento (PR)	82.85 %		

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 9156 kWp



Factor de rendimiento (PR)



Logrono-Tracker-Conf2

Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR
Enero	48.0	22.69	6.03	69.1	66.3	566	545	0.862
Febrero	70.2	35.63	7.12	93.4	90.3	764	739	0.864
Marzo	119.4	54.30	10.21	161.8	157.8	1302	1264	0.853
Abril	144.1	72.00	12.32	183.7	179.6	1466	1425	0.847
Mayo	178.3	89.79	16.53	240.9	235.7	1883	1833	0.831
Junio	197.6	88.09	21.02	259.1	254.0	1977	1926	0.812
Julio	209.8	78.25	22.71	284.5	279.8	2147	2094	0.804
Agosto	180.0	70.18	22.39	248.4	243.8	1884	1837	0.808
Septiembre	133.5	51.64	18.64	187.0	183.2	1445	1407	0.821
Octubre	87.3	48.76	14.91	115.9	112.3	921	891	0.840
Noviembre	53.3	28.57	9.23	71.0	68.2	575	553	0.851
Diciembre	40.5	21.52	6.05	56.1	53.6	457	438	0.852
Año	1462.1	661.42	13.97	1970.9	1924.5	15387	14952	0.829

Leyendas:

GlobHor	Irradiación global horizontal	GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombreados
DiffHor	Irradiación difusa horizontal	EArray	Energía efectiva en la salida del generador
T Amb	Temperatura Ambiente	E_Grid	Energía reinyectada en la red
GlobInc	Global incidente plano receptor	PR	Factor de rendimiento

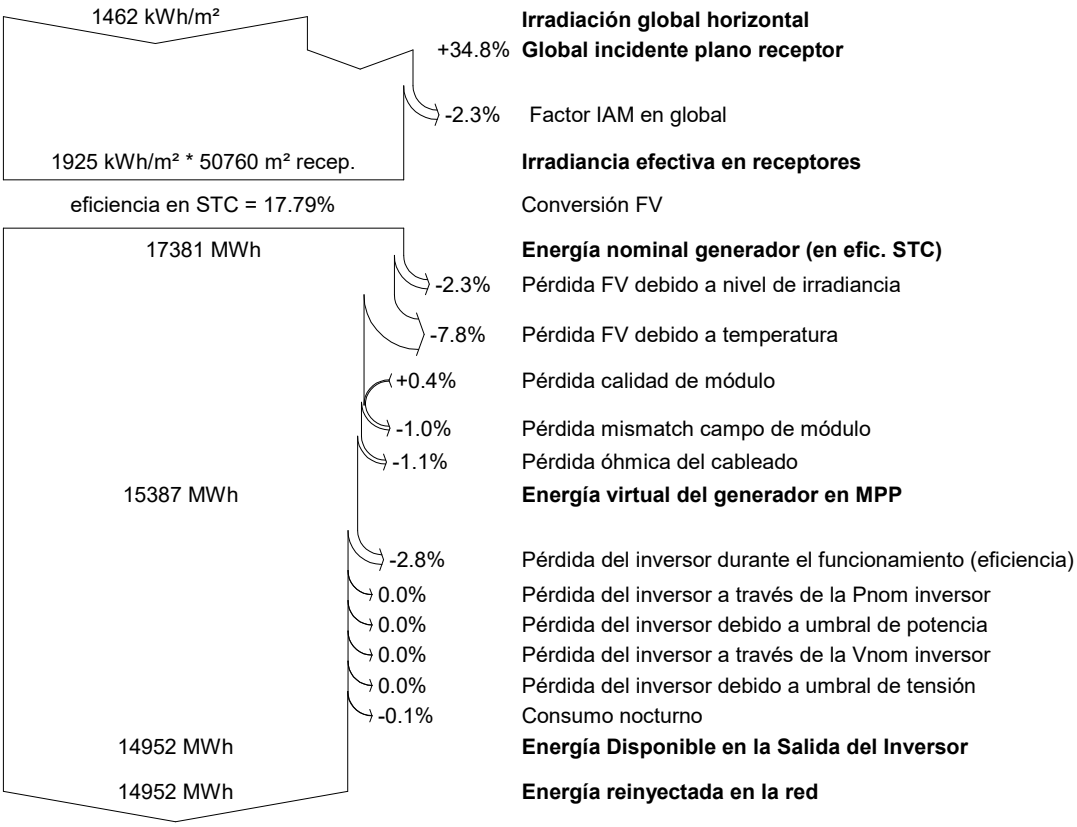
Sistema Conectado a la Red: Diagrama de pérdidas

Proyecto : **Logrono-Tracker**

Variante de simulación : **Logrono-Tracker-Conf2**

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	**Conectado a la red**		
Orientación Campo FV	Seguimiento, eje inclinado,	Inclinación eje 0°	Acimut eje	0°
Módulos FV	Modelo	TSM-350DD14A(II)	Pnom	350 Wp
Generador FV	N° de módulos	26160	Pnom total	**9156 kWp**
Inversor	Modelo	Sunny Central 1850	Pnom	1850 kW ac
Banco de inversores	N° de unidades	8.0	Pnom total	**14800 kW ac**
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)			

Diagrama de pérdida durante todo el año



Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación

Proyecto : **Logrono-Tracker**

Lugar geográfico	**Logrono/Agoncillo**		País	**España**
Ubicación	Latitud	42.45° N	Longitud	-2.33° W
Hora definido como	Hora Legal	Huso hor. UT+1	Altitud	363 m
	Albedo	0.20		
Datos climatológicos:	**Logrono/Agoncillo**	Meteonorm 7.1 (1995-2010) - Síntesis		

Variante de simulación : **Logrono-Tracker-Conf1**

Fecha de simulación 17/05/18 11h28

Parámetros de la simulación

Plano de seguimiento, eje inclinado	Inclinación eje	0°	Acimut eje	0°
Limitaciones de rotación	Fi mínimo	-55°	Fi máximo	55°
Modelos empleados	Transposición	Perez	Difuso	Perez, Meteonorm
Perfil obstáculos	Sin perfil de obstáculos			
Sombras cercanas	Sin sombreado			

Características generadores FV (2 Tipo de generador definido)

Módulo FV	Si-mono	Modelo	**TSM-350DD14A(II)**	
Custom parameters definition		Fabricante	Trina Solar	
Sub-generador "Sub-array #1"				
Número de módulos FV	En serie	30 módulos	En paralelo	108 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	3240	Pnom unitaria	350 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	**1134 kWp**	En cond. funciona.	1009 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	1026 V	I mpp	984 A
Sub-generador "Sub-array #2"				
Número de módulos FV	En serie	30 módulos	En paralelo	108 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	3240	Pnom unitaria	350 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	**1134 kWp**	En cond. funciona.	1009 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	1026 V	I mpp	984 A
Total Potencia global generadores	Nominal (STC)	**2268 kWp**	Total	6480 módulos
	Superficie módulos	**12573 m²**	Superf. célula	11300 m²

Inversor	Modelo	**Sunny Central 1850**		
Custom parameters definition	Fabricante	SMA		
Características	Tensión Funciona.	535-1200 V	Pnom unitaria	1850 kWac
Sub-generador "Sub-array #1"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	1850 kWac
Sub-generador "Sub-array #2"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	1850 kWac
Total	N° de inversores	2	Potencia total	3700 kWac

Factores de pérdida Generador FV

Factor de pérdidas térmicas	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (viento)	0.0 W/m²K / m/s
Pérdida Óhmica en el Cableado	Generador#1	18 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Generador#2	18 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Global		Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC

Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación (continuación)

Pérdida Calidad Módulo		Fracción de Pérdidas	-0.3 %
Pérdidas Mismatch Módulos		Fracción de Pérdidas	1.0 % en MPP
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM = 1 - bo (1/cos i - 1)	Parám. bo	0.05

Necesidades de los usuarios : Carga ilimitada (red)

Sistema Conectado a la Red: Resultados principales

Proyecto : **Logrono-Tracker**

Variante de simulación : **Logrono-Tracker-Conf1**

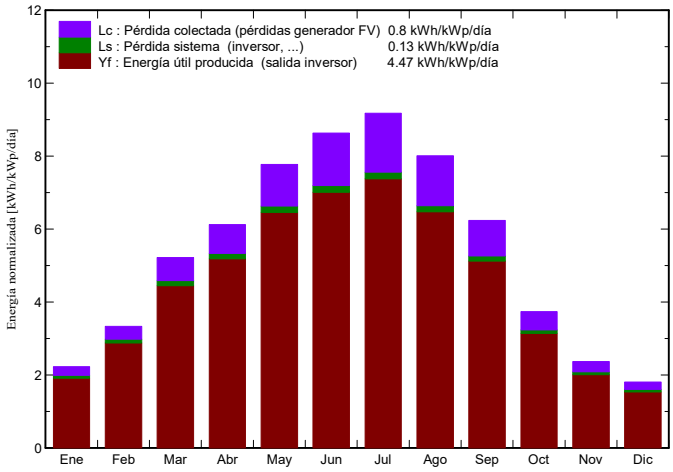
Parámetros principales del sistema Tipo de sistema **Conectado a la red**

Orientación Campo FV	Seguimiento, eje inclinado,	Inclinación eje	0°	Acimut eje 0°
Módulos FV		Modelo	TSM-350DD14A(II)	Pnom 350 Wp
Generador FV		N° de módulos	6480	Pnom total **2268 kWp**
Inversor		Modelo	Sunny Central 1850	Pnom 1850 kW ac
Banco de inversores		N° de unidades	2.0	Pnom total **3700 kW ac**
Necesidades de los usuarios		Carga ilimitada (red)		

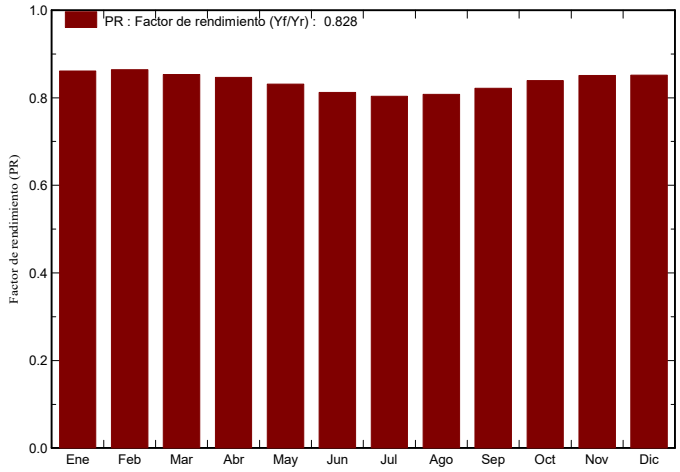
Resultados principales de la simulación

Producción del Sistema	**Energía producida**	**3703 MWh/año**	Produc. específico	1633 kWh/kWp/año
	Factor de rendimiento (PR)	82.84 %		

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 2268 kWp



Factor de rendimiento (PR)



Logrono-Tracker-Conf1

Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR
Enero	48.0	22.69	6.03	69.1	66.3	140.3	134.9	0.861
Febrero	70.2	35.63	7.12	93.4	90.3	189.3	182.9	0.864
Marzo	119.4	54.30	10.21	161.8	157.8	322.4	313.1	0.853
Abril	144.1	72.00	12.32	183.7	179.6	363.2	352.8	0.847
Mayo	178.3	89.79	16.53	240.9	235.7	466.5	454.1	0.831
Junio	197.6	88.09	21.02	259.1	254.0	489.6	477.2	0.812
Julio	209.8	78.25	22.71	284.5	279.8	531.7	518.6	0.804
Agosto	180.0	70.18	22.39	248.4	243.8	466.8	455.0	0.808
Septiembre	133.5	51.64	18.64	187.0	183.2	358.0	348.4	0.821
Octubre	87.3	48.76	14.91	115.9	112.3	228.0	220.7	0.839
Noviembre	53.3	28.57	9.23	71.0	68.2	142.4	137.1	0.851
Diciembre	40.5	21.52	6.05	56.1	53.6	113.2	108.4	0.852
Año	1462.1	661.42	13.97	1970.9	1924.5	3811.4	3703.2	0.828

Leyendas:

GlobHor	Irradiación global horizontal	GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombreados
DiffHor	Irradiación difusa horizontal	EArray	Energía efectiva en la salida del generador
T Amb	Temperatura Ambiente	E_Grid	Energía reinyectada en la red
GlobInc	Global incidente plano receptor	PR	Factor de rendimiento

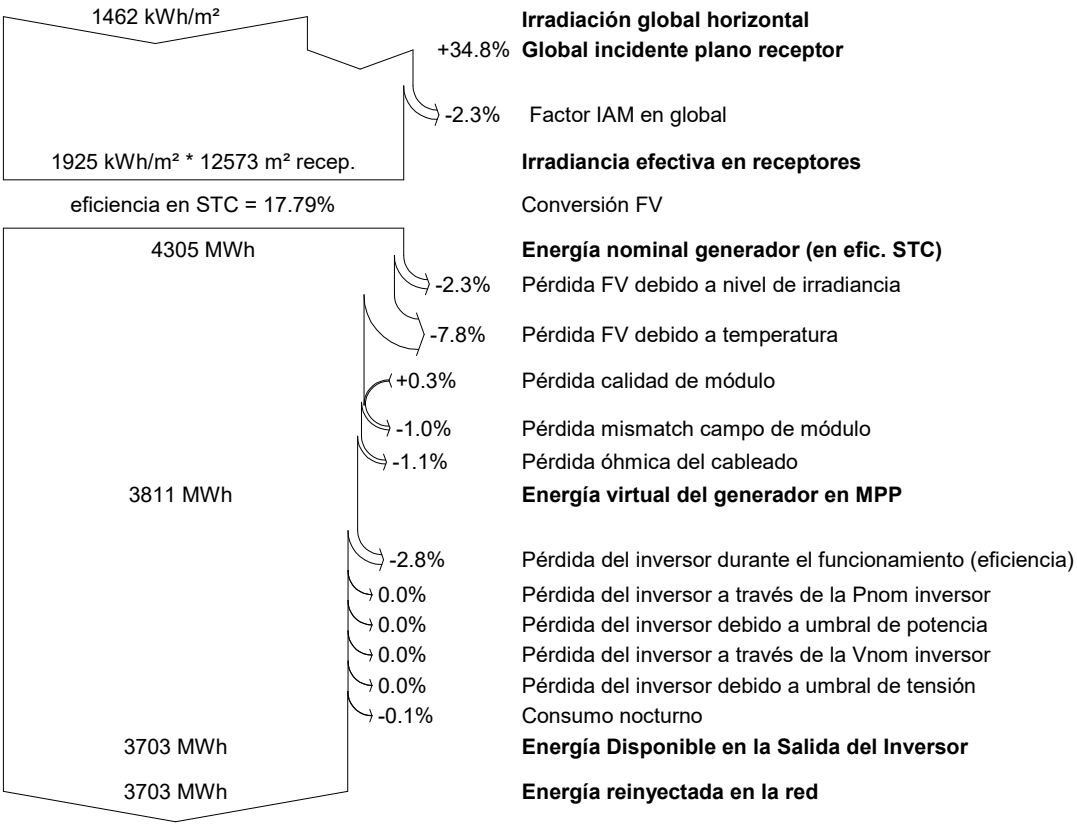
Sistema Conectado a la Red: Diagrama de pérdidas

Proyecto : **Logrono-Tracker**

Variante de simulación : **Logrono-Tracker-Conf1**

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	**Conectado a la red**		
Orientación Campo FV	Seguimiento, eje inclinado,	Inclinación eje 0°	Acimut eje	0°
Módulos FV	Modelo	TSM-350DD14A(II)	Pnom	350 Wp
Generador FV	N° de módulos	6480	Pnom total	**2268 kWp**
Inversor	Modelo	Sunny Central 1850	Pnom	1850 kW ac
Banco de inversores	N° de unidades	2.0	Pnom total	**3700 kW ac**
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)			

Diagrama de pérdida durante todo el año



UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ANEXO 5.1:

CALCULO DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA EN SEVILLA (PVSYST): ESTRUCTURA FIJA

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

AUTOR:

JAVIER SÁENZ DE ZÁITIGUI VISA

Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación

Proyecto : **Sevilla-Fixed**

Lugar geográfico	**Sevilla**		País	**España**
Ubicación	Latitud	37.42° N	Longitud	-5.90° W
Hora definido como	Hora Legal	Huso hor. UT+1	Altitud	23 m
	Albedo	0.20		
Datos climatológicos:	**Sevilla**	Meteonorm 7.1 (1991-2010), Sat=100% - Síntesis		

Variante de simulación : **Sevilla-Fixed-Conf2**

Fecha de simulación 17/05/18 11h19

Parámetros de la simulación

Orientación Plano Receptor	Inclinación	30°	Acimut	0°
Modelos empleados	Transposición	Perez	Difuso	Perez, Meteonorm
Perfil obstáculos	Sin perfil de obstáculos			
Sombras cercanas	Sin sombreado			

Características generadores FV (8 Tipo de generador definido)

Módulo FV Si-mono	Modelo	**TSM-350DD14A(II)**		
Custom parameters definition	Fabricante	Trina Solar		

Sub-generador "Sub-array #1"

Número de módulos FV	En serie	30 módulos	En paralelo	109 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	3270	Pnom unitaria	350 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	**1145 kWp**	En cond. funciona.	1019 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	1026 V	I mpp	993 A

Sub-generador "Sub-array #2"

Número de módulos FV	En serie	30 módulos	En paralelo	109 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	3270	Pnom unitaria	350 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	**1145 kWp**	En cond. funciona.	1019 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	1026 V	I mpp	993 A

Sub-generador "Sub-array #3"

Número de módulos FV	En serie	30 módulos	En paralelo	109 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	3270	Pnom unitaria	350 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	**1145 kWp**	En cond. funciona.	1019 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	1026 V	I mpp	993 A

Sub-generador "Sub-array #4"

Número de módulos FV	En serie	30 módulos	En paralelo	109 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	3270	Pnom unitaria	350 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	**1145 kWp**	En cond. funciona.	1019 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	1026 V	I mpp	993 A

Sub-generador "Sub-array #5"

Número de módulos FV	En serie	30 módulos	En paralelo	109 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	3270	Pnom unitaria	350 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	**1145 kWp**	En cond. funciona.	1019 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	1026 V	I mpp	993 A

Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación (continuación)

Sub-generador "Sub-array #6"

Número de módulos FV	En serie	30 módulos	En paralelo	109 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	3270	Pnom unitaria	350 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	**1145 kWp**	En cond. funciona.	1019 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	1026 V	I mpp	993 A

Sub-generador "Sub-array #7"

Número de módulos FV	En serie	30 módulos	En paralelo	109 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	3270	Pnom unitaria	350 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	**1145 kWp**	En cond. funciona.	1019 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	1026 V	I mpp	993 A

Sub-generador "Sub-array #8"

Número de módulos FV	En serie	30 módulos	En paralelo	109 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	3270	Pnom unitaria	350 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	**1145 kWp**	En cond. funciona.	1019 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	1026 V	I mpp	993 A

Total Potencia global generadores	Nominal (STC)	**9156 kWp**	Total	26160 módulos
	Superficie módulos	**50760 m²**	Superf. célula	45619 m²

Inversor	Modelo	**Sunny Central 1850**		
Custom parameters definition	Fabricante	SMA		
Características	Tensión Funciona.	535-1200 V	Pnom unitaria	1850 kWac
Sub-generador "Sub-array #1"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	1850 kWac
Sub-generador "Sub-array #2"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	1850 kWac
Sub-generador "Sub-array #3"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	1850 kWac
Sub-generador "Sub-array #4"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	1850 kWac
Sub-generador "Sub-array #5"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	1850 kWac
Sub-generador "Sub-array #6"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	1850 kWac
Sub-generador "Sub-array #7"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	1850 kWac
Sub-generador "Sub-array #8"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	1850 kWac
Total	N° de inversores	8	Potencia total	14800 kWac

Factores de pérdida Generador FV

Factor de pérdidas térmicas	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (viento)	0.0 W/m²K / m/s
Pérdida Óhmica en el Cableado	Generador#1	17 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Generador#2	17 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Generador#3	17 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Generador#4	17 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Generador#5	17 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Generador#6	17 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Generador#7	17 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Generador#8	17 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Global		Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
Pérdida Calidad Módulo			Fracción de Pérdidas	-0.3 %
Pérdidas Mismatch Módulos			Fracción de Pérdidas	1.0 % en MPP
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	Parám. bo	0.05

Necesidades de los usuarios : Carga ilimitada (red)

Sistema Conectado a la Red: Resultados principales

Proyecto : **Sevilla-Fixed**

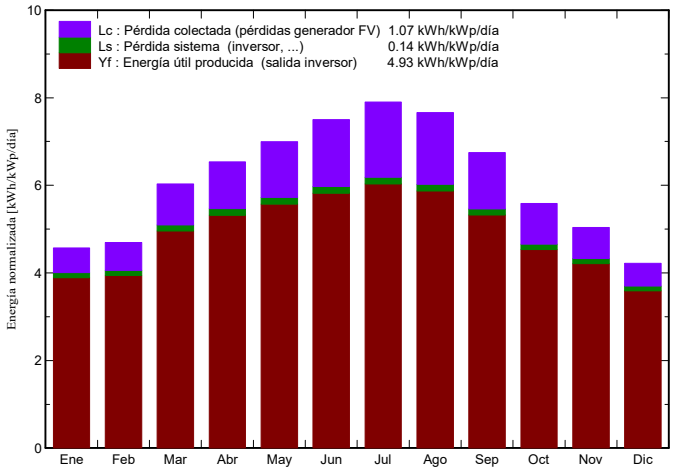
Variante de simulación : **Sevilla-Fixed-Conf2**

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	**Conectado a la red**		
Orientación Campos FV	inclinación	30°	acimut	0°
Módulos FV	Modelo	TSM-350DD14A(II)	Pnom	350 Wp
Generador FV	N° de módulos	26160	Pnom total	**9156 kWp**
Inversor	Modelo	Sunny Central 1850	Pnom	1850 kW ac
Banco de inversores	N° de unidades	8.0	Pnom total	**14800 kW ac**
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)			

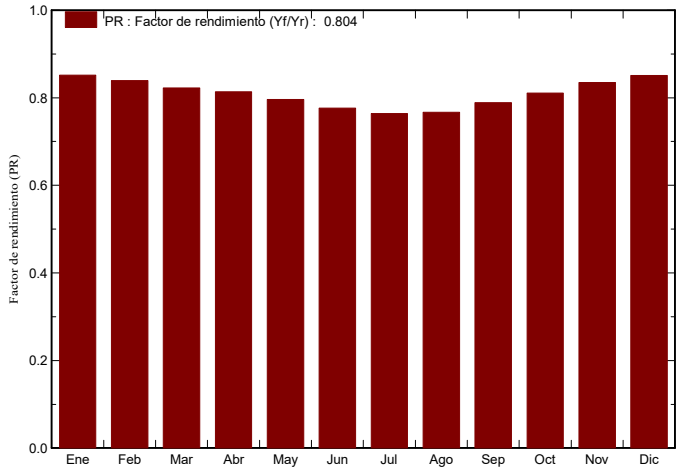
Resultados principales de la simulación

Producción del Sistema	**Energía producida**	**16466 MWh/año**	Produc. específico	1798 kWh/kWp/año
	Factor de rendimiento (PR)	80.35 %		

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 9156 kWp



Factor de rendimiento (PR)



Sevilla-Fixed-Conf2

Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR
Enero	85.5	25.81	11.31	141.7	138.1	1137	1104	0.851
Febrero	94.7	37.91	13.25	131.5	128.1	1041	1011	0.839
Marzo	151.0	46.84	16.07	187.1	182.4	1447	1408	0.822
Abril	180.7	61.80	17.80	196.0	190.6	1501	1461	0.814
Mayo	222.4	67.42	22.24	216.9	210.3	1624	1581	0.796
Junio	239.8	63.67	26.65	224.9	217.9	1641	1599	0.776
Julio	257.4	43.83	28.79	244.9	237.6	1756	1712	0.764
Agosto	227.6	45.67	28.71	237.4	231.0	1710	1667	0.767
Septiembre	170.6	49.97	24.76	202.4	197.3	1501	1462	0.789
Octubre	127.2	43.08	20.90	173.2	169.0	1322	1286	0.811
Noviembre	94.2	27.24	14.86	151.2	147.5	1189	1156	0.835
Diciembre	75.9	26.40	12.04	130.8	127.4	1050	1019	0.851
Año	1927.0	539.64	19.82	2238.1	2177.3	16920	16466	0.804

Leyendas:

GlobHor	Irradiación global horizontal	GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombreados
DiffHor	Irradiación difusa horizontal	EArray	Energía efectiva en la salida del generador
T Amb	Temperatura Ambiente	E_Grid	Energía reinyectada en la red
GlobInc	Global incidente plano receptor	PR	Factor de rendimiento

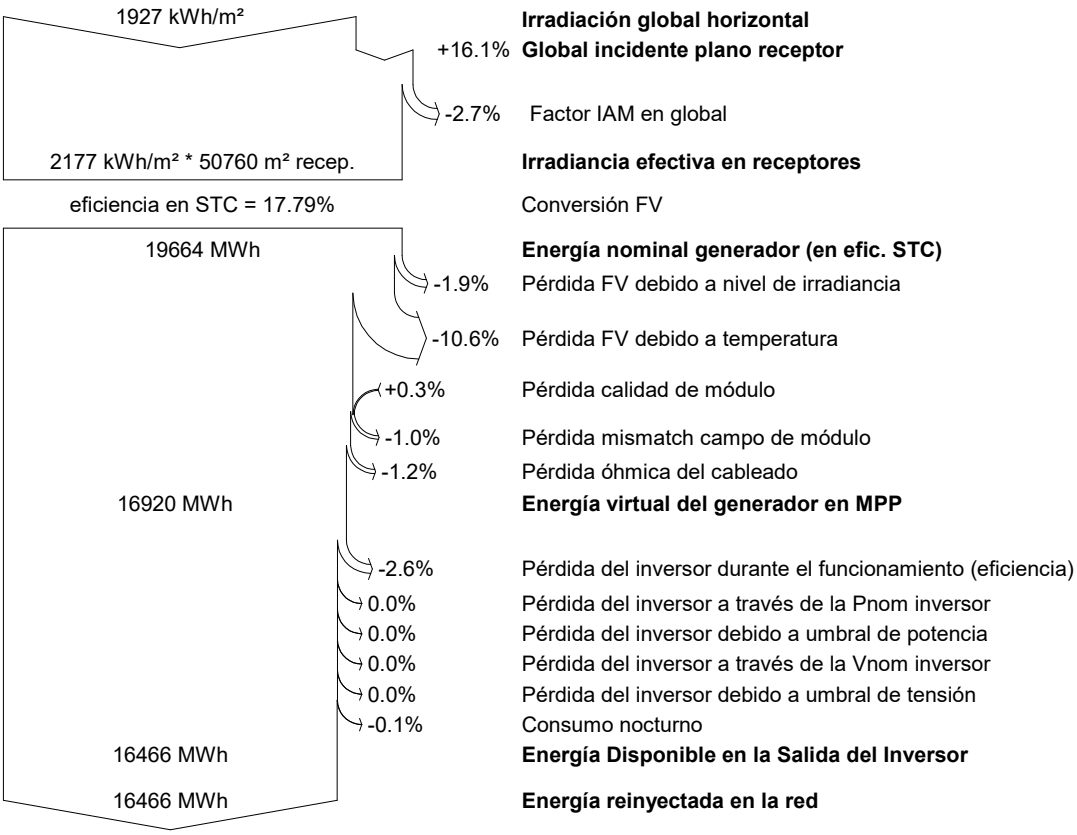
Sistema Conectado a la Red: Diagrama de pérdidas

Proyecto : **Sevilla-Fixed**

Variante de simulación : **Sevilla-Fixed-Conf2**

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	**Conectado a la red**		
Orientación Campos FV	inclinación	30°	acimut	0°
Módulos FV	Modelo	TSM-350DD14A(II)	Pnom	350 Wp
Generador FV	N° de módulos	26160	Pnom total	**9156 kWp**
Inversor	Modelo	Sunny Central 1850	Pnom	1850 kW ac
Banco de inversores	N° de unidades	8.0	Pnom total	**14800 kW ac**
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)			

Diagrama de pérdida durante todo el año



Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación

Proyecto : **Sevilla-Fixed**

Lugar geográfico	**Sevilla**		País	**España**
Ubicación	Latitud	37.42° N	Longitud	-5.90° W
Hora definido como	Hora Legal	Huso hor. UT+1	Altitud	23 m
	Albedo	0.20		
Datos climatológicos:	**Sevilla**	Meteonorm 7.1 (1991-2010), Sat=100% - Síntesis		

Variante de simulación : **Sevilla-Fixed-Conf1**

Fecha de simulación 17/05/18 11h24

Parámetros de la simulación

Orientación Plano Receptor	Inclinación	30°	Acimut	0°
Modelos empleados	Transposición	Perez	Difuso	Perez, Meteonorm
Perfil obstáculos	Sin perfil de obstáculos			
Sombras cercanas	Sin sombreado			

Características generadores FV (2 Tipo de generador definido)

Módulo FV Si-mono	Modelo	**TSM-350DD14A(II)**		
Custom parameters definition	Fabricante	Trina Solar		
Sub-generador "Sub-array #1"				
Número de módulos FV	En serie	30 módulos	En paralelo	108 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	3240	Pnom unitaria	350 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	**1134 kWp**	En cond. funciona.	1009 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	1026 V	I mpp	984 A
Sub-generador "Sub-array #2"				
Número de módulos FV	En serie	30 módulos	En paralelo	108 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	3240	Pnom unitaria	350 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	**1134 kWp**	En cond. funciona.	1009 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	1026 V	I mpp	984 A
Total Potencia global generadores	Nominal (STC)	**2268 kWp**	Total	6480 módulos
	Superficie módulos	**12573 m²**	Superf. célula	11300 m²

Inversor	Modelo	**Sunny Central 1850**		
Custom parameters definition	Fabricante	SMA		
Características	Tensión Funciona.	535-1200 V	Pnom unitaria	1850 kWac
Sub-generador "Sub-array #1"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	1850 kWac
Sub-generador "Sub-array #2"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	1850 kWac
Total	N° de inversores	2	Potencia total	3700 kWac

Factores de pérdida Generador FV

Factor de pérdidas térmicas	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (viento)	0.0 W/m²K / m/s
Pérdida Óhmica en el Cableado	Generador#1	18 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Generador#2	18 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Global		Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
Pérdida Calidad Módulo			Fracción de Pérdidas	-0.3 %
Pérdidas Mismatch Módulos			Fracción de Pérdidas	1.0 % en MPP
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	Parám. bo	0.05

Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación (continuación)

Necesidades de los usuarios : Carga ilimitada (red)

Sistema Conectado a la Red: Resultados principales

Proyecto : **Sevilla-Fixed**

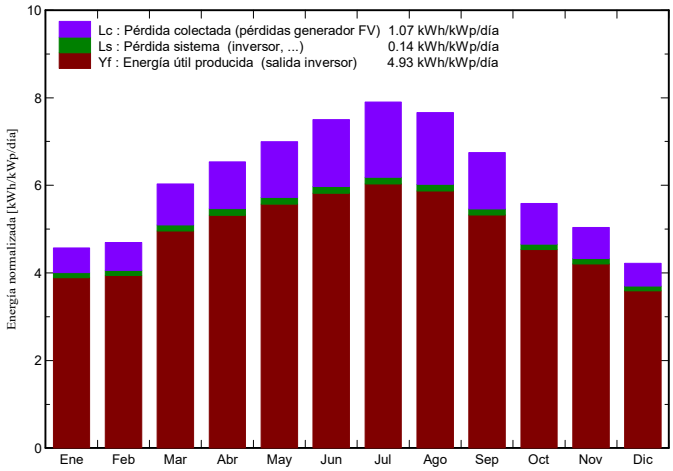
Variante de simulación : **Sevilla-Fixed-Conf1**

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	**Conectado a la red**		
Orientación Campos FV	inclinación	30°	acimut	0°
Módulos FV	Modelo	TSM-350DD14A(II)	Pnom	350 Wp
Generador FV	N° de módulos	6480	Pnom total	**2268 kWp**
Inversor	Modelo	Sunny Central 1850	Pnom	1850 kW ac
Banco de inversores	N° de unidades	2.0	Pnom total	**3700 kW ac**
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)			

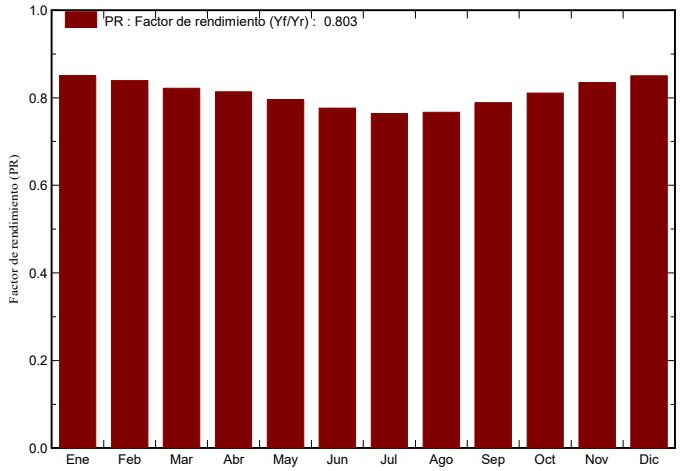
Resultados principales de la simulación

Producción del Sistema	**Energía producida**	**4079 MWh/año**	Produc. específico	1798 kWh/kWp/año
	Factor de rendimiento (PR)	80.35 %		

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 2268 kWp



Factor de rendimiento (PR)



Sevilla-Fixed-Conf1

Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR
Enero	85.5	25.81	11.31	141.7	138.1	281.6	273.5	0.851
Febrero	94.7	37.91	13.25	131.5	128.1	257.8	250.3	0.839
Marzo	151.0	46.84	16.07	187.1	182.4	358.5	348.7	0.822
Abril	180.7	61.80	17.80	196.0	190.6	371.9	361.8	0.814
Mayo	222.4	67.42	22.24	216.9	210.3	402.3	391.6	0.796
Junio	239.8	63.67	26.65	224.9	217.9	406.6	396.1	0.776
Julio	257.4	43.83	28.79	244.9	237.6	435.0	424.1	0.764
Agosto	227.6	45.67	28.71	237.4	231.0	423.5	413.0	0.767
Septiembre	170.6	49.97	24.76	202.4	197.3	371.9	362.2	0.789
Octubre	127.2	43.08	20.90	173.2	169.0	327.4	318.5	0.811
Noviembre	94.2	27.24	14.86	151.2	147.5	294.6	286.3	0.835
Diciembre	75.9	26.40	12.04	130.8	127.4	260.2	252.4	0.851
Año	1927.0	539.64	19.82	2238.1	2177.3	4191.2	4078.5	0.803

Leyendas:

GlobHor	Irradiación global horizontal	GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombreados
DiffHor	Irradiación difusa horizontal	EArray	Energía efectiva en la salida del generador
T Amb	Temperatura Ambiente	E_Grid	Energía reinyectada en la red
GlobInc	Global incidente plano receptor	PR	Factor de rendimiento

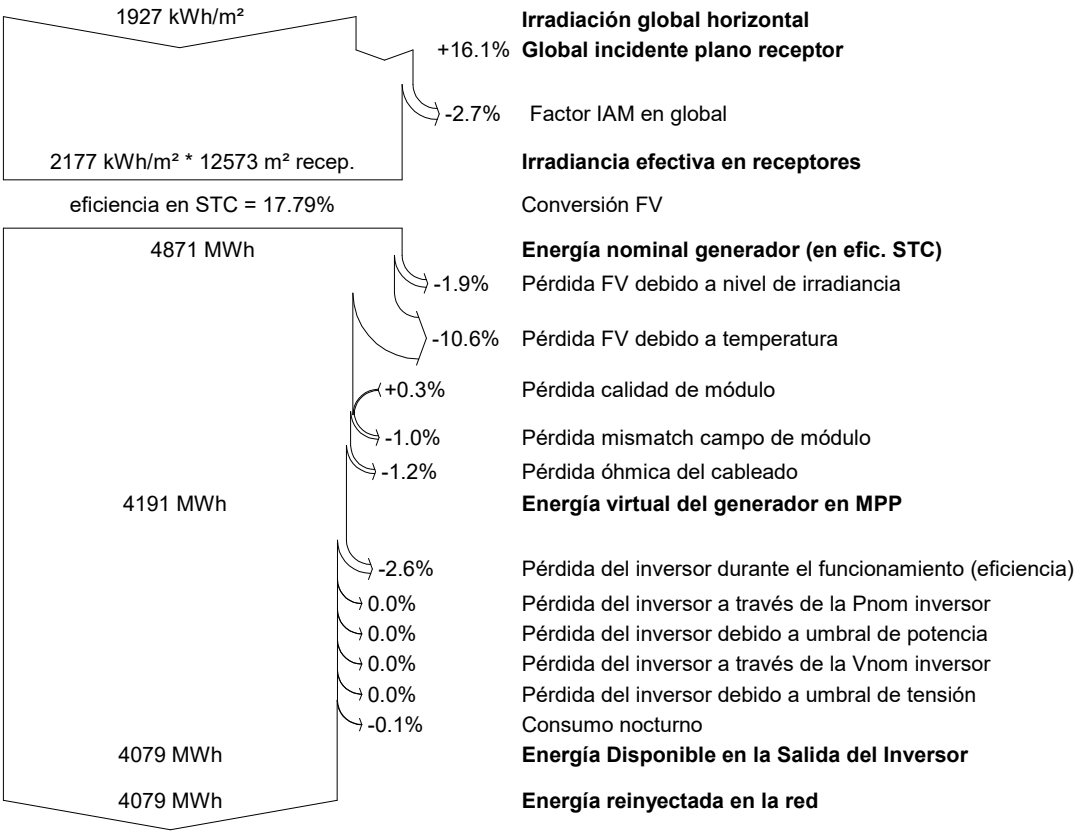
Sistema Conectado a la Red: Diagrama de pérdidas

Proyecto : **Sevilla-Fixed**

Variante de simulación : **Sevilla-Fixed-Conf1**

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	**Conectado a la red**		
Orientación Campos FV	inclinación	30°	acimut	0°
Módulos FV	Modelo	TSM-350DD14A(II)	Pnom	350 Wp
Generador FV	N° de módulos	6480	Pnom total	**2268 kWp**
Inversor	Modelo	Sunny Central 1850	Pnom	1850 kW ac
Banco de inversores	N° de unidades	2.0	Pnom total	**3700 kW ac**
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)			

Diagrama de pérdida durante todo el año



UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ANEXO 5.2:

CALCULO DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA EN SEVILLA (PVSYST): SEGUIDOR

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

AUTOR:

JAVIER SÁENZ DE ZÁITIGUI VISA

Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación

Proyecto : **Sevilla-Tracker**

Lugar geográfico	**Sevilla**		País	**España**
Ubicación	Latitud	37.42° N	Longitud	-5.90° W
Hora definido como	Hora Legal	Huso hor. UT+1	Altitud	23 m
	Albedo	0.20		
Datos climatológicos:	**Sevilla**	Meteonorm 7.1 (1991-2010), Sat=100% - Síntesis		

Variante de simulación : **Sevilla-Tracker-Conf2**

Fecha de simulación 17/05/18 11h12

Parámetros de la simulación

Plano de seguimiento, eje inclinado	Inclinación eje	0°	Acimut eje	0°
Limitaciones de rotación	Fi mínimo	-55°	Fi máximo	55°
Modelos empleados	Transposición	Perez	Difuso	Perez, Meteonorm
Perfil obstáculos	Sin perfil de obstáculos			
Sombras cercanas	Sin sombreado			

Características generadores FV (8 Tipo de generador definido)

Módulo FV	Si-mono	Modelo	**TSM-350DD14A(II)**	
Custom parameters definition		Fabricante	Trina Solar	

Sub-generador "Sub-array #1"

Número de módulos FV	En serie	30 módulos	En paralelo	109 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	3270	Pnom unitaria	350 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	**1145 kWp**	En cond. funciona.	1019 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	1026 V	I mpp	993 A

Sub-generador "Sub-array #2"

Número de módulos FV	En serie	30 módulos	En paralelo	109 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	3270	Pnom unitaria	350 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	**1145 kWp**	En cond. funciona.	1019 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	1026 V	I mpp	993 A

Sub-generador "Sub-array #3"

Número de módulos FV	En serie	30 módulos	En paralelo	109 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	3270	Pnom unitaria	350 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	**1145 kWp**	En cond. funciona.	1019 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	1026 V	I mpp	993 A

Sub-generador "Sub-array #4"

Número de módulos FV	En serie	30 módulos	En paralelo	109 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	3270	Pnom unitaria	350 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	**1145 kWp**	En cond. funciona.	1019 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	1026 V	I mpp	993 A

Sub-generador "Sub-array #5"

Número de módulos FV	En serie	30 módulos	En paralelo	109 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	3270	Pnom unitaria	350 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	**1145 kWp**	En cond. funciona.	1019 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	1026 V	I mpp	993 A

Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación (continuación)

Sub-generador "Sub-array #6"

Número de módulos FV	En serie	30 módulos	En paralelo	109 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	3270	Pnom unitaria	350 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	**1145 kWp**	En cond. funciona.	1019 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	1026 V	I mpp	993 A

Sub-generador "Sub-array #7"

Número de módulos FV	En serie	30 módulos	En paralelo	109 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	3270	Pnom unitaria	350 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	**1145 kWp**	En cond. funciona.	1019 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	1026 V	I mpp	993 A

Sub-generador "Sub-array #8"

Número de módulos FV	En serie	30 módulos	En paralelo	109 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	3270	Pnom unitaria	350 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	**1145 kWp**	En cond. funciona.	1019 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	1026 V	I mpp	993 A

Total	Potencia global generadores	Nominal (STC)	**9156 kWp**	Total	26160 módulos
		Superficie módulos	**50760 m²**	Superf. célula	45619 m²

Inversor	Modelo	**Sunny Central 1850**		
Custom parameters definition	Fabricante	SMA		
Características	Tensión Funciona.	535-1200 V	Pnom unitaria	1850 kWac
Sub-generador "Sub-array #1"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	1850 kWac
Sub-generador "Sub-array #2"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	1850 kWac
Sub-generador "Sub-array #3"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	1850 kWac
Sub-generador "Sub-array #4"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	1850 kWac
Sub-generador "Sub-array #5"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	1850 kWac
Sub-generador "Sub-array #6"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	1850 kWac
Sub-generador "Sub-array #7"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	1850 kWac
Sub-generador "Sub-array #8"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	1850 kWac
Total	N° de inversores	8	Potencia total	14800 kWac

Factores de pérdida Generador FV

Pérdidas por polvo y suciedad del generador			Fracción de Pérdidas	4.0 %
Factor de pérdidas térmicas	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (viento)	0.0 W/m²K / m/s
Pérdida Óhmica en el Cableado	Generador#1	17 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Generador#2	17 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Generador#3	17 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Generador#4	17 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Generador#5	17 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Generador#6	17 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Generador#7	17 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Generador#8	17 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Global		Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
Pérdida Calidad Módulo			Fracción de Pérdidas	-0.3 %
Pérdidas Mismatch Módulos			Fracción de Pérdidas	1.0 % en MPP
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	Parám. bo	0.05

Necesidades de los usuarios : Carga ilimitada (red)

Sistema Conectado a la Red: Resultados principales

Proyecto : **Sevilla-Tracker**

Variante de simulación : **Sevilla-Tracker-Conf2**

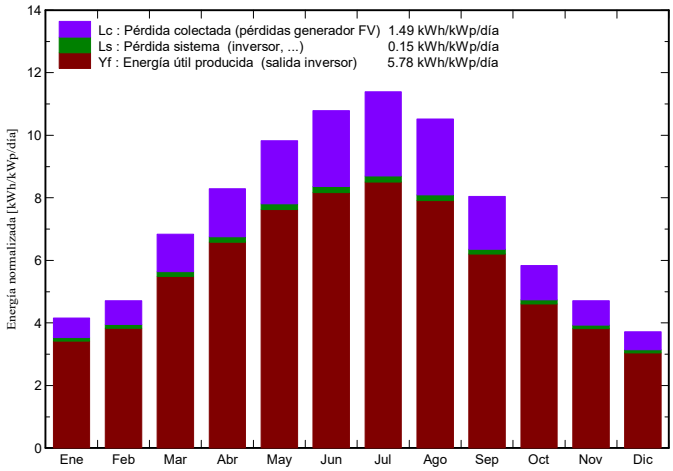
Parámetros principales del sistema Tipo de sistema **Conectado a la red**

Orientación Campo FV	Seguimiento, eje inclinado,	Inclinación eje	0°	Acimut eje 0°
Módulos FV		Modelo	TSM-350DD14A(II)	Pnom 350 Wp
Generador FV		N° de módulos	26160	Pnom total **9156 kWp**
Inversor		Modelo	Sunny Central 1850	Pnom 1850 kW ac
Banco de inversores		N° de unidades	8.0	Pnom total **14800 kW ac**
Necesidades de los usuarios		Carga ilimitada (red)		

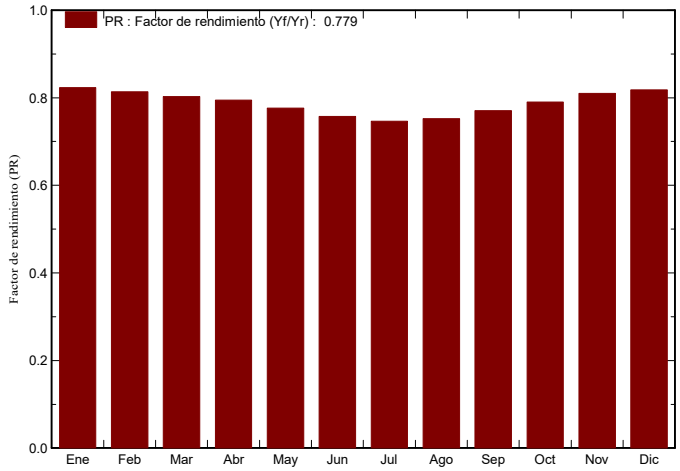
Resultados principales de la simulación

Producción del Sistema	**Energía producida**	**19316 MWh/año**	Produc. específico	2110 kWh/kWp/año
	Factor de rendimiento (PR)	77.91 %		

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 9156 kWp



Factor de rendimiento (PR)



Sevilla-Tracker-Conf2

Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR
Enero	85.5	25.81	11.31	129.0	119.8	1003	973	0.823
Febrero	94.7	37.91	13.25	132.0	123.2	1013	983	0.814
Marzo	151.0	46.84	16.07	211.9	199.6	1600	1558	0.803
Abril	180.7	61.80	17.80	248.6	234.7	1855	1808	0.794
Mayo	222.4	67.42	22.24	304.6	288.3	2218	2165	0.776
Junio	239.8	63.67	26.65	323.6	306.7	2298	2245	0.758
Julio	257.4	43.83	28.79	353.3	336.0	2470	2414	0.746
Agosto	227.6	45.67	28.71	326.1	309.6	2299	2246	0.752
Septiembre	170.6	49.97	24.76	241.3	227.7	1745	1703	0.771
Octubre	127.2	43.08	20.90	180.8	169.5	1345	1309	0.791
Noviembre	94.2	27.24	14.86	141.3	131.5	1080	1048	0.810
Diciembre	75.9	26.40	12.04	115.3	106.6	893	864	0.818
Año	1927.0	539.64	19.82	2707.7	2553.1	19818	19316	0.779

Leyendas:

GlobHor	Irradiación global horizontal	GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombreados
DiffHor	Irradiación difusa horizontal	EArray	Energía efectiva en la salida del generador
T Amb	Temperatura Ambiente	E_Grid	Energía reinyectada en la red
GlobInc	Global incidente plano receptor	PR	Factor de rendimiento

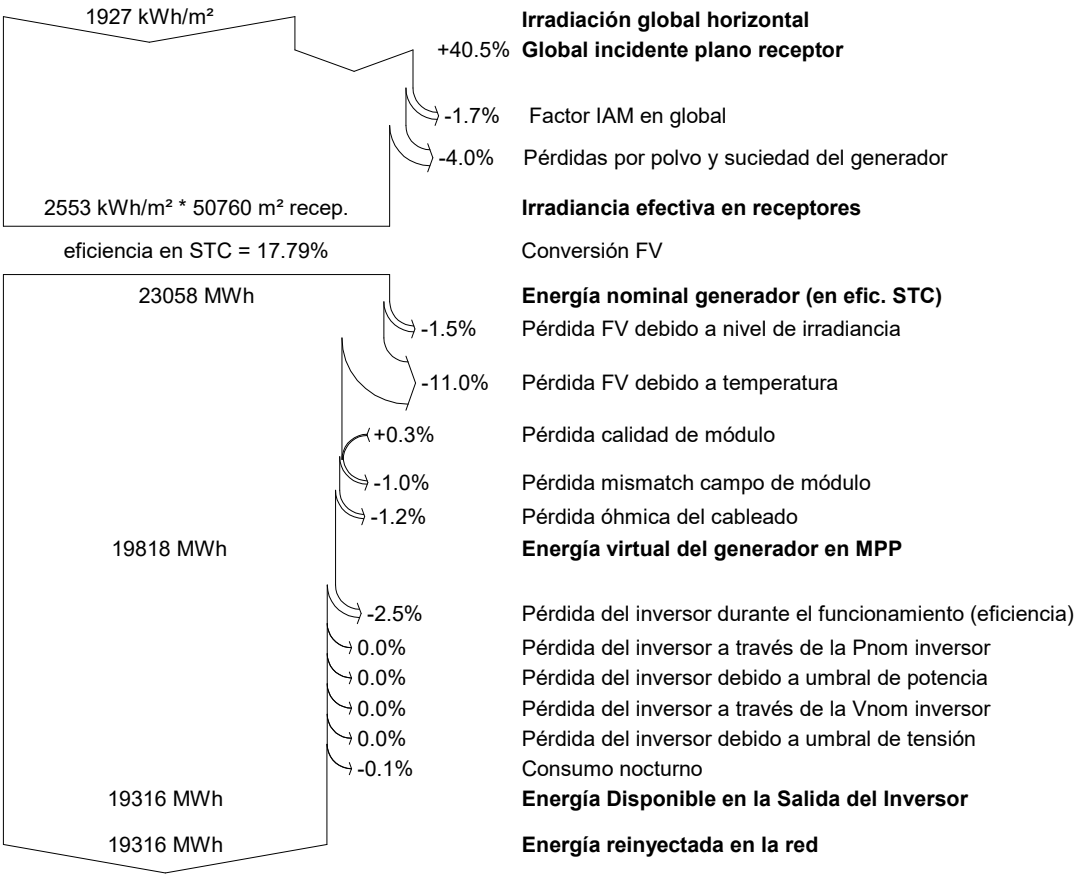
Sistema Conectado a la Red: Diagrama de pérdidas

Proyecto : **Sevilla-Tracker**

Variante de simulación : **Sevilla-Tracker-Conf2**

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	**Conectado a la red**		
Orientación Campos FV	Seguimiento, eje inclinado,	Inclinación eje	0°	Acimut eje 0°
Módulos FV	Modelo	TSM-350DD14A(II)	Pnom	350 Wp
Generador FV	N° de módulos	26160	Pnom total	**9156 kWp**
Inversor	Modelo	Sunny Central 1850	Pnom	1850 kW ac
Banco de inversores	N° de unidades	8.0	Pnom total	**14800 kW ac**
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)			

Diagrama de pérdida durante todo el año



Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación

Proyecto : **Sevilla-Tracker**

Lugar geográfico	**Sevilla**		País	**España**
Ubicación	Latitud	37.42° N	Longitud	-5.90° W
Hora definido como	Hora Legal	Huso hor. UT+1	Altitud	23 m
	Albedo	0.20		
Datos climatológicos:	**Sevilla**	Meteonorm 7.1 (1991-2010), Sat=100% - Síntesis		

Variante de simulación : **Sevilla-Tracker-Conf1**

Fecha de simulación 17/05/18 11h16

Parámetros de la simulación

Plano de seguimiento, eje inclinado	Inclinación eje	0°	Acimut eje	0°
Limitaciones de rotación	Fi mínimo	-55°	Fi máximo	55°
Modelos empleados	Transposición	Perez	Difuso	Perez, Meteonorm
Perfil obstáculos	Sin perfil de obstáculos			
Sombras cercanas	Sin sombreado			

Características generadores FV (2 Tipo de generador definido)

Módulo FV	Si-mono	Modelo	**TSM-350DD14A(II)**	
Custom parameters definition		Fabricante	Trina Solar	
Sub-generador "Sub-array #1"				
Número de módulos FV	En serie	30 módulos	En paralelo	109 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	3270	Pnom unitaria	350 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	**1145 kWp**	En cond. funciona.	1019 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	1026 V	I mpp	993 A
Sub-generador "Sub-array #2"				
Número de módulos FV	En serie	30 módulos	En paralelo	108 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	3240	Pnom unitaria	350 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	**1134 kWp**	En cond. funciona.	1009 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	1026 V	I mpp	984 A
Total Potencia global generadores	Nominal (STC)	**2279 kWp**	Total	6510 módulos
	Superficie módulos	**12632 m²**	Superf. célula	11352 m²

Inversor	Modelo	**Sunny Central 1850**		
Custom parameters definition	Fabricante	SMA		
Características	Tensión Funciona.	535-1200 V	Pnom unitaria	1850 kWac
Sub-generador "Sub-array #1"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	1850 kWac
Sub-generador "Sub-array #2"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	1850 kWac
Total	N° de inversores	2	Potencia total	3700 kWac

Factores de pérdida Generador FV

Pérdidas por polvo y suciedad del generador			Fracción de Pérdidas	4.0 %
Factor de pérdidas térmicas	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (viento)	0.0 W/m²K / m/s
Pérdida Óhmica en el Cableado	Generador#1	17 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Generador#2	18 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Global		Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC

Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación (continuación)

Pérdida Calidad Módulo		Fracción de Pérdidas	-0.3 %
Pérdidas Mismatch Módulos		Fracción de Pérdidas	1.0 % en MPP
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM = 1 - bo (1/cos i - 1)	Parám. bo	0.05

Necesidades de los usuarios : Carga ilimitada (red)

Sistema Conectado a la Red: Resultados principales

Proyecto : **Sevilla-Tracker**

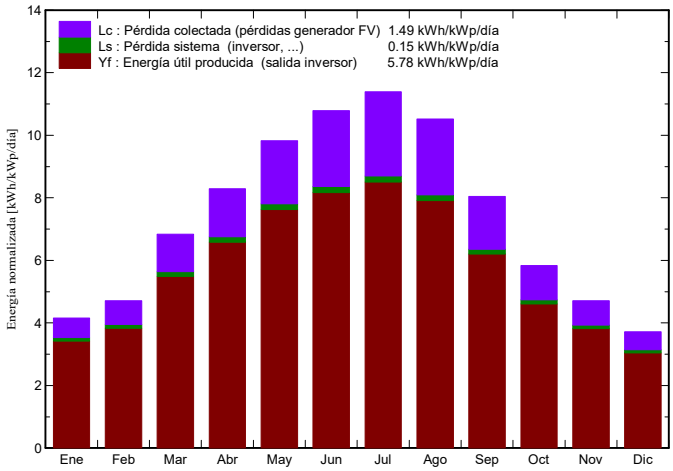
Variante de simulación : **Sevilla-Tracker-Conf1**

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	**Conectado a la red**		
Orientación Campo FV	Seguimiento, eje inclinado,	Inclinación eje 0°	Acimut eje	0°
Módulos FV	Modelo	TSM-350DD14A(II)	Pnom	350 Wp
Generador FV	N° de módulos	6510	Pnom total	**2279 kWp**
Inversor	Modelo	Sunny Central 1850	Pnom	1850 kW ac
Banco de inversores	N° de unidades	2.0	Pnom total	**3700 kW ac**
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)			

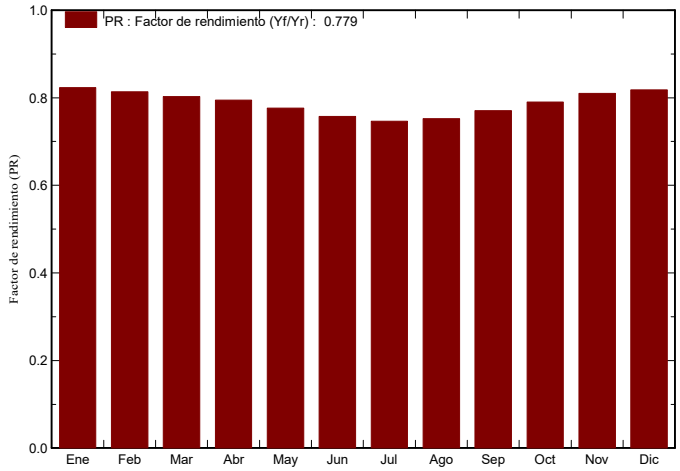
Resultados principales de la simulación

Producción del Sistema	**Energía producida**	**4807 MWh/año**	Produc. específico	2110 kWh/kWp/año
	Factor de rendimiento (PR)	77.91 %		

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 2279 kWp



Factor de rendimiento (PR)



Sevilla-Tracker-Conf1

Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR
Enero	85.5	25.81	11.31	129.0	119.8	249.7	242.0	0.823
Febrero	94.7	37.91	13.25	132.0	123.2	252.1	244.7	0.814
Marzo	151.0	46.84	16.07	211.9	199.6	398.1	387.8	0.803
Abril	180.7	61.80	17.80	248.6	234.7	461.6	449.9	0.794
Mayo	222.4	67.42	22.24	304.6	288.3	552.0	538.7	0.776
Junio	239.8	63.67	26.65	323.6	306.7	571.8	558.6	0.758
Julio	257.4	43.83	28.79	353.3	336.0	614.6	600.8	0.746
Agosto	227.6	45.67	28.71	326.1	309.6	572.0	559.0	0.752
Septiembre	170.6	49.97	24.76	241.3	227.7	434.3	423.8	0.771
Octubre	127.2	43.08	20.90	180.8	169.5	334.7	325.7	0.791
Noviembre	94.2	27.24	14.86	141.3	131.5	268.7	260.8	0.810
Diciembre	75.9	26.40	12.04	115.3	106.6	222.1	214.9	0.818
Año	1927.0	539.64	19.82	2707.7	2553.1	4931.7	4806.7	0.779

Leyendas:				
	GlobHor	Irradiación global horizontal	GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombreados
	DiffHor	Irradiación difusa horizontal	EArray	Energía efectiva en la salida del generador
	T Amb	Temperatura Ambiente	E_Grid	Energía reinyectada en la red
	GlobInc	Global incidente plano receptor	PR	Factor de rendimiento

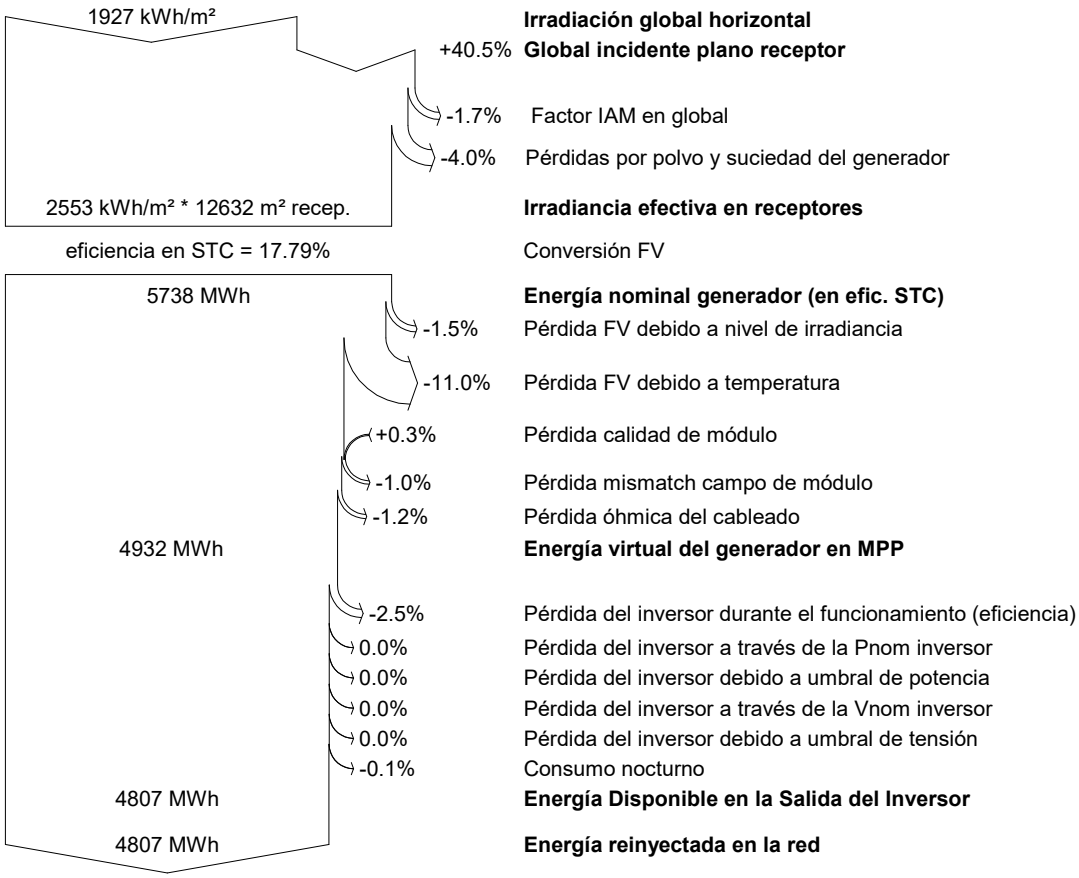
Sistema Conectado a la Red: Diagrama de pérdidas

Proyecto : **Sevilla-Tracker**

Variante de simulación : **Sevilla-Tracker-Conf1**

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	**Conectado a la red**		
Orientación Campos FV	Seguimiento, eje inclinado,	Inclinación eje	0°	Acimut eje 0°
Módulos FV	Modelo	TSM-350DD14A(II)	Pnom	350 Wp
Generador FV	N° de módulos	6510	Pnom total	**2279 kWp**
Inversor	Modelo	Sunny Central 1850	Pnom	1850 kW ac
Banco de inversores	N° de unidades	2.0	Pnom total	**3700 kW ac**
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)			

Diagrama de pérdida durante todo el año



UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ANEXO 6:

ANÁLISIS ECONÓMICO – PLANTA FOTOVOLTAICA UBICADA EN SEVILLA

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

AUTOR:

JAVIER SÁENZ DE ZÁITIGUI VISA

Índice Tablas

En este anexo se muestran los cálculos realizados para el análisis económico de ambas estructuras en Sevilla.

La metodología de cálculo que se ha seguido se puede ver en el apartado 11 de la memoria.

Estructura fija	*Importe (€)*
Módulos Fotovoltaicos	3.800.928
Inversores y Centros de Transformación	1.887.859
Acero S355	1.327.489
Tornillería	139.070
Cimentación	1.319.781
Cableado de Baja Tensión	97.974
Desbroce y limpieza del terreno.	77.557
Vallado	36.508
Material eléctrico	373.166
Total	**9.060.335**

Tabla 1 Presupuesto sin desglosar (estructura fija)

Seguidor	*Importe (€)*
Módulos Fotovoltaicos	3.800.928
Inversores y Centros de Transformación	1.887.859
Acero S355	1.146.020
Tornillería	271.306
Cimentación	475.390
Cableado de Baja Tensión	180.387
Motor de giro	33.728
Desbroce y limpieza del terreno.	118.642
Vallado	42.267
Material eléctrico	594.725
	8.551.254

Tabla 2 Presupuesto sin desglosar (seguidor)

Año	Rendimiento	Energía (MWh)	Energía (kWh)
0	98,70%	20.544,50	20.544.500,00
1	97,50%	20.030,89	20.030.887,50
2	96,80%	19.887,08	19.887.076,00
3	96,10%	19.743,26	19.743.264,50
4	95,40%	19.599,45	19.599.453,00
5	94,70%	19.455,64	19.455.641,50
6	94,00%	19.311,83	19.311.830,00
7	93,30%	19.168,02	19.168.018,50
8	92,60%	19.024,21	19.024.207,00
9	91,90%	18.880,40	18.880.395,50
10	91,20%	18.736,58	18.736.584,00
11	90,50%	18.592,77	18.592.772,50
12	89,80%	18.448,96	18.448.961,00
13	89,10%	18.305,15	18.305.149,50
14	88,40%	18.161,34	18.161.338,00
15	87,70%	18.017,53	18.017.526,50
16	87,00%	17.873,72	17.873.715,00
17	86,30%	17.729,90	17.729.903,50
18	85,60%	17.586,09	17.586.092,00
19	84,90%	17.442,28	17.442.280,50
20	84,20%	17.298,47	17.298.469,00
21	83,50%	17.154,66	17.154.657,50
22	82,80%	17.010,85	17.010.846,00
23	82,10%	16.867,03	16.867.034,50
24	81,40%	16.723,22	16.723.223,00
25	80,70%	16.579,41	16.579.411,50

Tabla 3 Producción mínima generada (estructura fija)

Año	Rendimiento	Energía (MWh)	Energía (kWh)
0	98,70%	24.122,70	24.122.700,00
1	97,50%	23.519,63	23.519.632,50
2	96,80%	23.350,77	23.350.773,60
3	96,10%	23.181,91	23.181.914,70
4	95,40%	23.013,06	23.013.055,80
5	94,70%	22.844,20	22.844.196,90
6	94,00%	22.675,34	22.675.338,00
7	93,30%	22.506,48	22.506.479,10
8	92,60%	22.337,62	22.337.620,20
9	91,90%	22.168,76	22.168.761,30
10	91,20%	21.999,90	21.999.902,40
11	90,50%	21.831,04	21.831.043,50
12	89,80%	21.662,18	21.662.184,60
13	89,10%	21.493,33	21.493.325,70
14	88,40%	21.324,47	21.324.466,80
15	87,70%	21.155,61	21.155.607,90
16	87,00%	20.986,75	20.986.749,00
17	86,30%	20.817,89	20.817.890,10
18	85,60%	20.649,03	20.649.031,20
19	84,90%	20.480,17	20.480.172,30
20	84,20%	20.311,31	20.311.313,40
21	83,50%	20.142,45	20.142.454,50
22	82,80%	19.973,60	19.973.595,60
23	82,10%	19.804,74	19.804.736,70
24	81,40%	19.635,88	19.635.877,80
25	80,70%	19.467,02	19.467.018,90

Tabla 4 Producción mínima generada (seguidor)

Año	Producción Fotovoltaica (kWh) (1)	Precio promedio de la Energía (€/kWh) (2)	Ingresos por Venta (€) (3)	Coste Operación y Mantenimiento (€) (4)	Ingreso Neto (€) (5)	Balance Económico (€) (6)	Retorno de la Inversión (7)
0	20.544.500,00					-10.528.335,20	0
1	20.030.887,50	0,04998	1.001.143,76	-41.175,00	959.968,76	-9.568.366,44	0
2	19.887.076,00	0,05113	1.016.817,05	-42.039,68	974.777,37	-8.593.589,07	0
3	19.743.264,50	0,05231	1.032.681,70	-42.922,51	989.759,20	-7.603.829,87	0
4	19.599.453,00	0,05351	1.048.738,24	-43.823,88	1.004.914,36	-6.598.915,51	0
5	19.455.641,50	0,05474	1.064.987,09	-44.744,18	1.020.242,90	-5.578.672,61	0
6	19.311.830,00	0,05600	1.081.428,60	-45.683,81	1.035.744,79	-4.542.927,82	0
7	19.168.018,50	0,05729	1.098.063,04	-46.643,17	1.051.419,87	-3.491.507,95	0
8	19.024.207,00	0,05860	1.114.890,59	-47.622,68	1.067.267,91	-2.424.240,04	0
9	18.880.395,50	0,05995	1.131.911,34	-48.622,75	1.083.288,58	-1.340.951,46	0
10	18.736.584,00	0,06133	1.149.125,26	-49.643,83	1.099.481,42	-241.470,03	0
11	18.592.772,50	0,06274	1.166.532,24	-50.686,35	1.115.845,88	874.375,85	1
12	18.448.961,00	0,06418	1.184.132,05	-51.750,76	1.132.381,28	2.006.757,14	1
13	18.305.149,50	0,06566	1.201.924,36	-52.837,53	1.149.086,83	3.155.843,96	1
14	18.161.338,00	0,06717	1.219.908,71	-53.947,12	1.165.961,59	4.321.805,55	1
15	18.017.526,50	0,06872	1.238.084,52	-55.080,01	1.183.004,51	5.504.810,06	1
16	17.873.715,00	0,07030	1.256.451,09	-56.236,69	1.200.214,40	6.705.024,46	1
17	17.729.903,50	0,07191	1.275.007,57	-57.417,66	1.217.589,91	7.922.614,37	1
18	17.586.092,00	0,07357	1.293.752,99	-58.623,43	1.235.129,56	9.157.743,93	1
19	17.442.280,50	0,07526	1.312.686,22	-59.854,52	1.252.831,69	10.410.575,62	1
20	17.298.469,00	0,07699	1.331.805,98	-61.111,47	1.270.694,51	11.681.270,13	1
21	17.154.657,50	0,07876	1.351.110,84	-62.394,81	1.288.716,03	12.969.986,16	1
22	17.010.846,00	0,08057	1.370.599,20	-63.705,10	1.306.894,10	14.276.880,26	1
23	16.867.034,50	0,08243	1.390.269,28	-65.042,91	1.325.226,38	15.602.106,64	1
24	16.723.223,00	0,08432	1.410.119,14	-66.408,81	1.343.710,34	16.945.816,97	1
25	16.579.411,50	0,08626	1.430.146,65	-67.803,39	2.941.593,53	19.887.410,51	1

Tabla 5 Análisis Económico del Parque FV instalando estructura fija

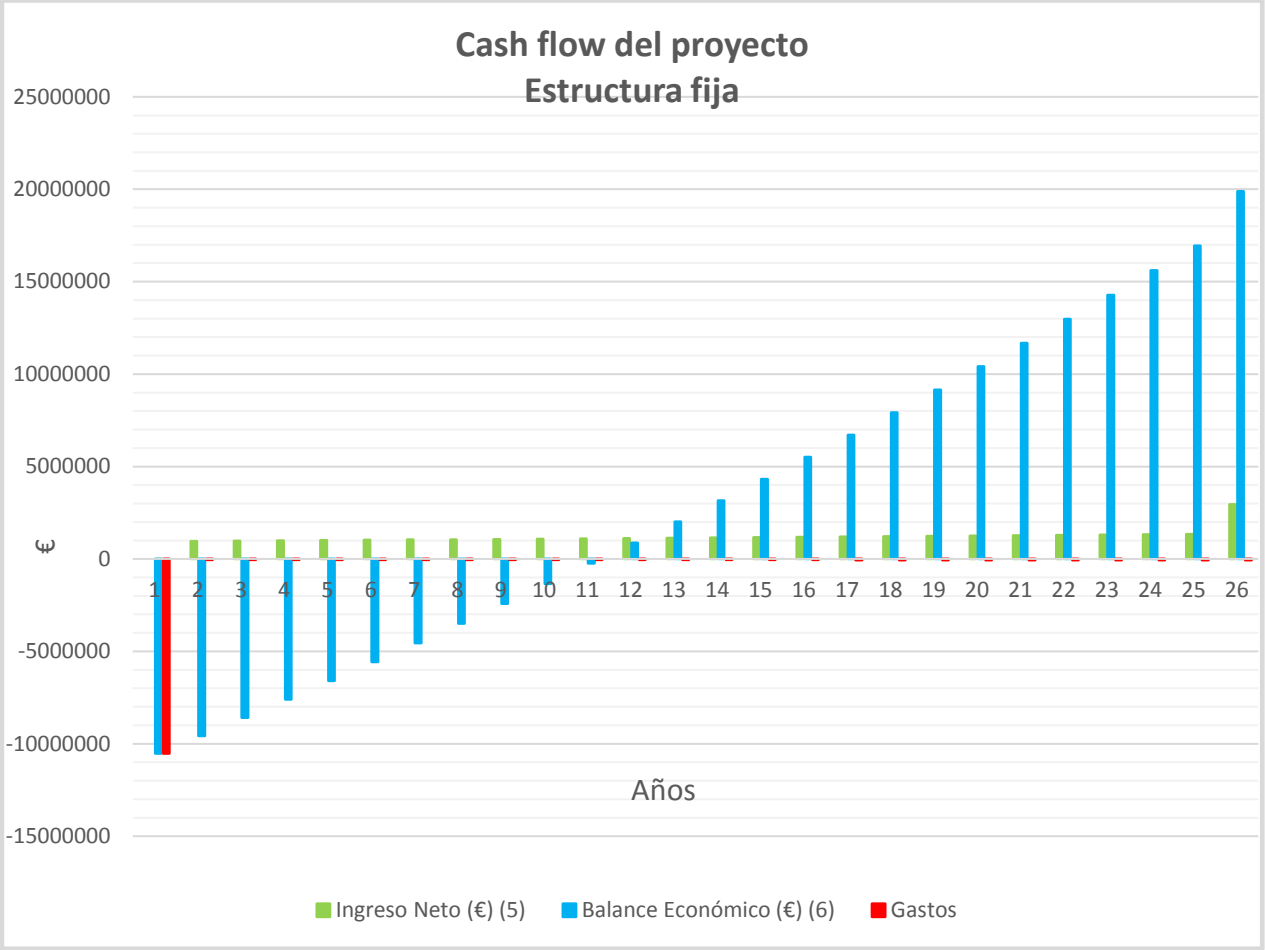


Tabla 6 Flujo de caja (estructura fija)

Año	Producción Fotovoltaica (kWh) (1)	Precio promedio de la Energía (€/kWh) (2)	Ingresos por Venta (€) (3)	Coste Operación y Mantenimiento (€) (4)	Ingreso Neto (€) (5)	Balance Económico (€) (6)	Retorno de la Inversión (7)
0	24.122.700,00	*Tabla 7 Análisis Económico del Parque FV instalando seguidores a un eje*				-10.019.254,30	0
1	23.519.632,50	0,04998	1.175.511,23	-41.175,00	1.134.336,23	-8.884.918,07	0
2	23.350.773,60	0,05113	1.193.914,31	-42.039,68	1.151.874,64	-7.733.043,43	0
3	23.181.914,70	0,05231	1.212.542,09	-42.922,51	1.169.619,58	-6.563.423,85	0
4	23.013.055,80	0,05351	1.231.395,16	-43.823,88	1.187.571,28	-5.375.852,57	0
5	22.844.196,90	0,05474	1.250.474,04	-44.744,18	1.205.729,86	-4.170.122,70	0
6	22.675.338,00	0,05600	1.269.779,14	-45.683,81	1.224.095,33	-2.946.027,37	0
7	22.506.479,10	0,05729	1.289.310,78	-46.643,17	1.242.667,61	-1.703.359,76	0
8	22.337.620,20	0,05860	1.309.069,16	-47.622,68	1.261.446,48	-441.913,28	0
9	22.168.761,30	0,05995	1.329.054,37	-48.622,75	1.280.431,62	838.518,34	1
10	21.999.902,40	0,06133	1.349.266,41	-49.643,83	1.299.622,58	2.138.140,92	1
11	21.831.043,50	0,06274	1.369.705,13	-50.686,35	1.319.018,78	3.457.159,70	1
12	21.662.184,60	0,06418	1.390.370,28	-51.750,76	1.338.619,51	4.795.779,22	1
13	21.493.325,70	0,06566	1.411.261,44	-52.837,53	1.358.423,91	6.154.203,13	1
14	21.324.466,80	0,06717	1.432.378,10	-53.947,12	1.378.430,98	7.532.634,10	1
15	21.155.607,90	0,06872	1.453.719,56	-55.080,01	1.398.639,55	8.931.273,65	1
16	20.986.749,00	0,07030	1.475.285,00	-56.236,69	1.419.048,31	10.350.321,96	1
17	20.817.890,10	0,07191	1.497.073,43	-57.417,66	1.439.655,77	11.789.977,73	1
18	20.649.031,20	0,07357	1.519.083,71	-58.623,43	1.460.460,28	13.250.438,01	1
19	20.480.172,30	0,07526	1.541.314,50	-59.854,52	1.481.459,98	14.731.897,99	1
20	20.311.313,40	0,07699	1.563.764,32	-61.111,47	1.502.652,85	16.234.550,84	1
21	20.142.454,50	0,07876	1.586.431,47	-62.394,81	1.524.036,67	17.758.587,51	1
22	19.973.595,60	0,08057	1.609.314,09	-63.705,10	1.545.608,99	19.304.196,49	1
23	19.804.736,70	0,08243	1.632.410,07	-65.042,91	1.567.367,17	20.871.563,66	1
24	19.635.877,80	0,08432	1.655.717,15	-66.408,81	1.589.308,35	22.460.872,01	1
25	19.467.018,90	0,08626	1.679.232,81	-67.803,39	3.114.317,56	25.575.189,57	1

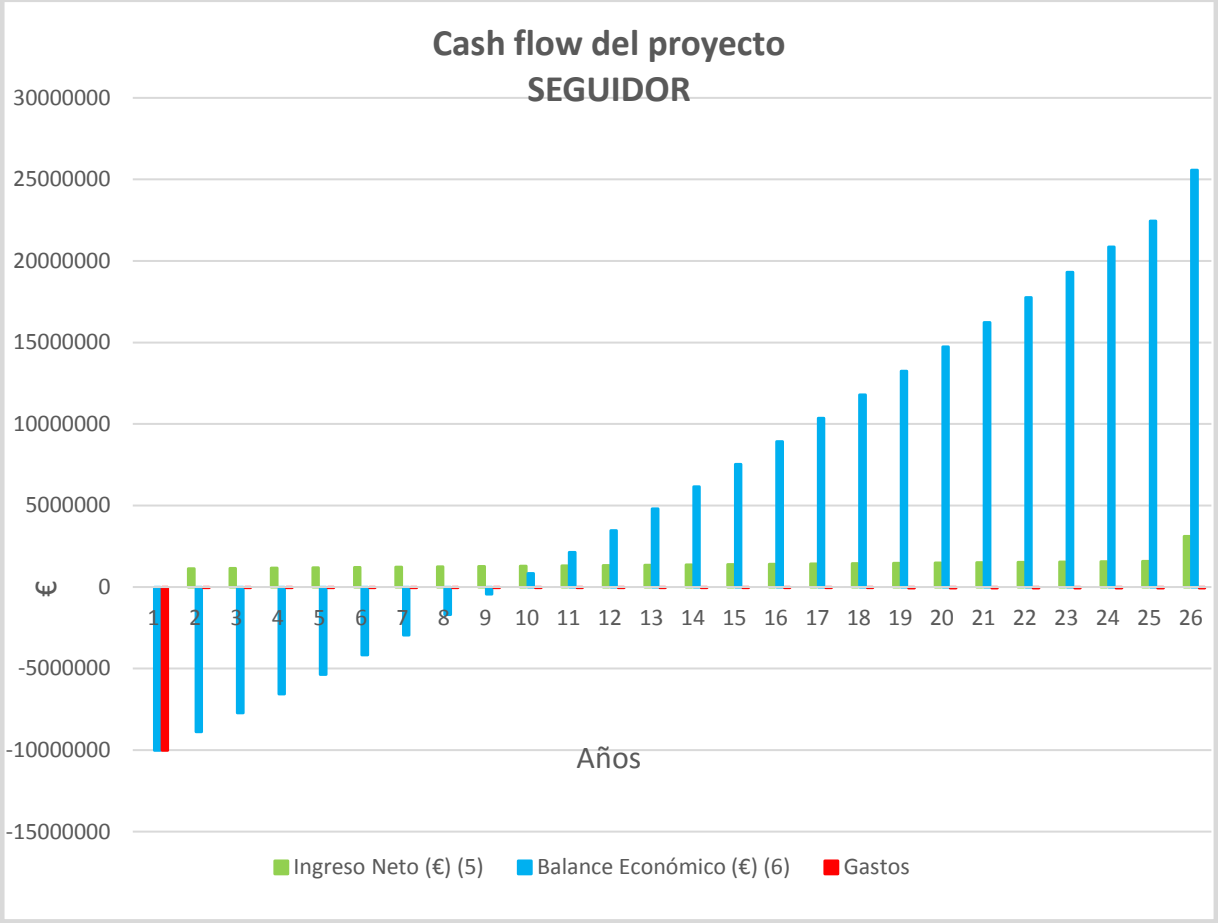


Tabla 8 Flujo de caja (seguidor)

Año	Flujo de dinero (€)	Año	Flujo de dinero (€)
0	0	13	1.149.086,83
1	959.968,76	14	1.165.961,59
2	974.777,37	15	1.183.004,51
3	989.759,20	16	1.200.214,40
4	1.004.914,36	17	1.217.589,91
5	1.020.242,90	18	1.235.129,56
6	1.035.744,79	19	1.252.831,69
7	1.051.419,87	20	1.270.694,51
8	1.067.267,91	21	1.288.716,03
9	1.083.288,58	22	1.306.894,10
10	1.099.481,42	23	1.325.226,38
11	1.115.845,88	24	1.343.710,34
12	1.132.381,28	25	2.941.593,53

Tabla 9 Flujo de dinero (estructura fija)

- ***TIR en Sevilla para alternativa de estructura fija:***

$$\boldsymbol{TIR = 9\ \%}$$

Año	Flujo de dinero (€)	Año	Flujo de dinero (€)
0		13	1.358.423,91
1	1.134.336,23	14	1.378.430,98
2	1.151.874,64	15	1.398.639,55
3	1.169.619,58	16	1.419.048,31
4	1.187.571,28	17	1.439.655,77
5	1.205.729,86	18	1.460.460,28
6	1.224.095,33	19	1.481.459,98
7	1.242.667,61	20	1.502.652,85
8	1.261.446,48	21	1.524.036,67
9	1.280.431,62	22	1.545.608,99
10	1.299.622,58	23	1.567.367,17
11	1.319.018,78	24	1.589.308,35
12	1.338.619,51	25	3.114.317,56

Tabla 10 Flujo de dinero (seguidor)

- ***TIR en Sevilla para alternativa de seguidores:***

$$\boldsymbol{TIR = 12\ \%}$$

- ***VAN en Sevilla para alternativa de estructura fija: 3.960.633,16***
- ***VAN en Sevilla para alternativa de seguidores: 7.023.200,75***

Año	Gastos (€)	Gastos, r (€)	Producción Fotovoltaica (kWh)	Producción Fotovoltaica, r (kWh)
0	-10.528.335,20	-10.528.335,20	20.544.500,00	20.544.500,00
1	-41.175,00	-38.844,34	20.030.887,50	18.897.063,68
2	-42.039,68	-37.415,16	19.887.076,00	17.699.426,84
3	-42.922,51	-36.038,57	19.743.264,50	16.576.825,58
4	-43.823,88	-34.712,62	19.599.453,00	15.524.602,52
5	-44.744,18	-33.435,46	19.455.641,50	14.538.387,12
6	-45.683,81	-32.205,28	19.311.830,00	13.614.078,11
7	-46.643,17	-31.020,37	19.168.018,50	12.747.827,06
8	-47.622,68	-29.879,06	19.024.207,00	11.936.022,83
9	-48.622,75	-28.779,73	18.880.395,50	11.175.277,09
10	-49.643,83	-27.720,86	18.736.584,00	10.462.410,64
11	-50.686,35	-26.700,94	18.592.772,50	9.794.440,62
12	-51.750,76	-25.718,54	18.448.961,00	9.168.568,41
13	-52.837,53	-24.772,30	18.305.149,50	8.582.168,39
14	-53.947,12	-23.860,86	18.161.338,00	8.032.777,31
15	-55.080,01	-22.982,96	18.017.526,50	7.518.084,29
16	-56.236,69	-22.137,36	17.873.715,00	7.035.921,49
17	-57.417,66	-21.322,88	17.729.903,50	6.584.255,31
18	-58.623,43	-20.538,35	17.586.092,00	6.161.178,14
19	-59.854,52	-19.782,70	17.442.280,50	5.764.900,64
20	-61.111,47	-19.054,84	17.298.469,00	5.393.744,40
21	-62.394,81	-18.353,77	17.154.657,50	5.046.135,19
22	-63.705,10	-17.678,49	17.010.846,00	4.720.596,47
23	-65.042,91	-17.028,05	16.867.034,50	4.415.743,44
24	-66.408,81	-16.401,55	16.723.223,00	4.130.277,34
25	-67.803,39	-15.798,10	16.579.411,50	3.862.980,17
TOTAL		**11.170.518,34**		**259.928.193,07**

Tabla 11 Cálculo del LCOE (estructura fija)

$$\boldsymbol{LCOE} = \frac{I + \sum_{t=1}^{n} \times \frac{M}{(1+r)^r}}{\sum_{t=1}^{n} \times \frac{Egenerada}{(1+r)^r}} = \frac{11.170.518{,}34}{259.958.193{,}07} = \mathbf{0{,}0429754}\ €/\boldsymbol{kWh}$$

Año	Gastos (€)	Gastos, r (€)	Producción Fotovoltaica (kWh)	Producción Fotovoltaica, r (kWh)
0	-10.019.254,30	-10.019.254,30	24.122.700,00	24.122.700,00
1	-41.175,00	-38.844,34	23.519.632,50	22.188.332,55
2	-42.039,68	-37.415,16	23.350.773,60	20.782.105,38
3	-42.922,51	-36.038,57	23.181.914,70	19.463.982,60
4	-43.823,88	-34.712,62	23.013.055,80	18.228.495,67
5	-44.744,18	-33.435,46	22.844.196,90	17.070.512,84
6	-45.683,81	-32.205,28	22.675.338,00	15.985.218,53
7	-46.643,17	-31.020,37	22.506.479,10	14.968.094,03
8	-47.622,68	-29.879,06	22.337.620,20	14.014.899,26
9	-48.622,75	-28.779,73	22.168.761,30	13.121.655,75
10	-49.643,83	-27.720,86	21.999.902,40	12.284.630,59
11	-50.686,35	-26.700,94	21.831.043,50	11.500.321,38
12	-51.750,76	-25.718,54	21.662.184,60	10.765.442,09
13	-52.837,53	-24.772,30	21.493.325,70	10.076.909,81
14	-53.947,12	-23.860,86	21.324.466,80	9.431.832,23
15	-55.080,01	-22.982,96	21.155.607,90	8.827.496,02
16	-56.236,69	-22.137,36	20.986.749,00	8.261.355,75
17	-57.417,66	-21.322,88	20.817.890,10	7.731.023,65
18	-58.623,43	-20.538,35	20.649.031,20	7.234.259,87
19	-59.854,52	-19.782,70	20.480.172,30	6.768.963,40
20	-61.111,47	-19.054,84	20.311.313,40	6.333.163,53
21	-62.394,81	-18.353,77	20.142.454,50	5.925.011,82
22	-63.705,10	-17.678,49	19.973.595,60	5.542.774,58
23	-65.042,91	-17.028,05	19.804.736,70	5.184.825,83
24	-66.408,81	-16.401,55	19.635.877,80	4.849.640,59
25	-67.803,39	-15.798,10	19.467.018,90	4.535.788,74
TOTAL		**10.661.437,44**		**305.199.436,49**

Tabla 12 Cálculo del LCOE (seguidor)

$$\boldsymbol{LCOE} = \frac{I + \sum_{t=1}^{n} \times \frac{M}{(1+r)^r}}{\sum_{t=1}^{n} \times \frac{Egenerada}{(1+r)^r}} = \frac{10.661.437,44}{305.199.436,49} = \mathbf{0,03493269}\ €/\boldsymbol{kWh}$$

UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ANEXO 7:

ACV - SIMAPRO

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

AUTOR:

JAVIER SÁENZ DE ZÁITIGUI VISA

Índice Ilustraciones

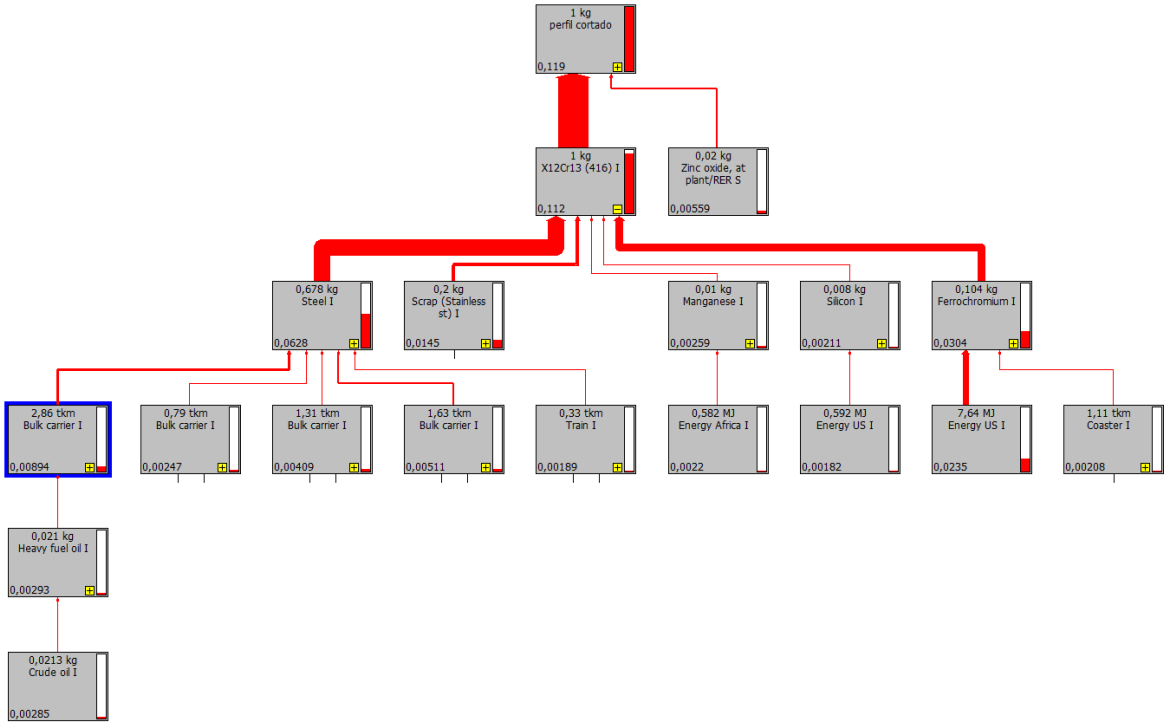


Ilustración 1 Árbol ACV Perfil de acero

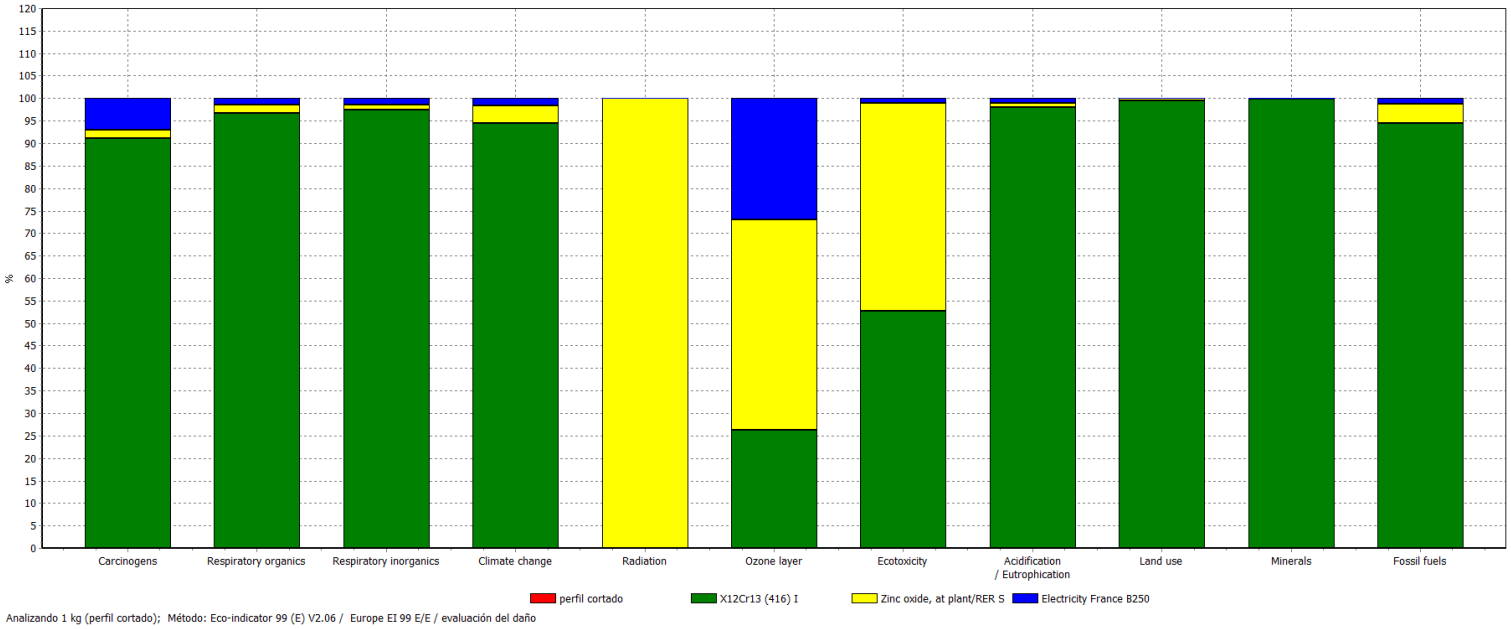


Ilustración 2 Análisis de impacto – Evaluación del daño

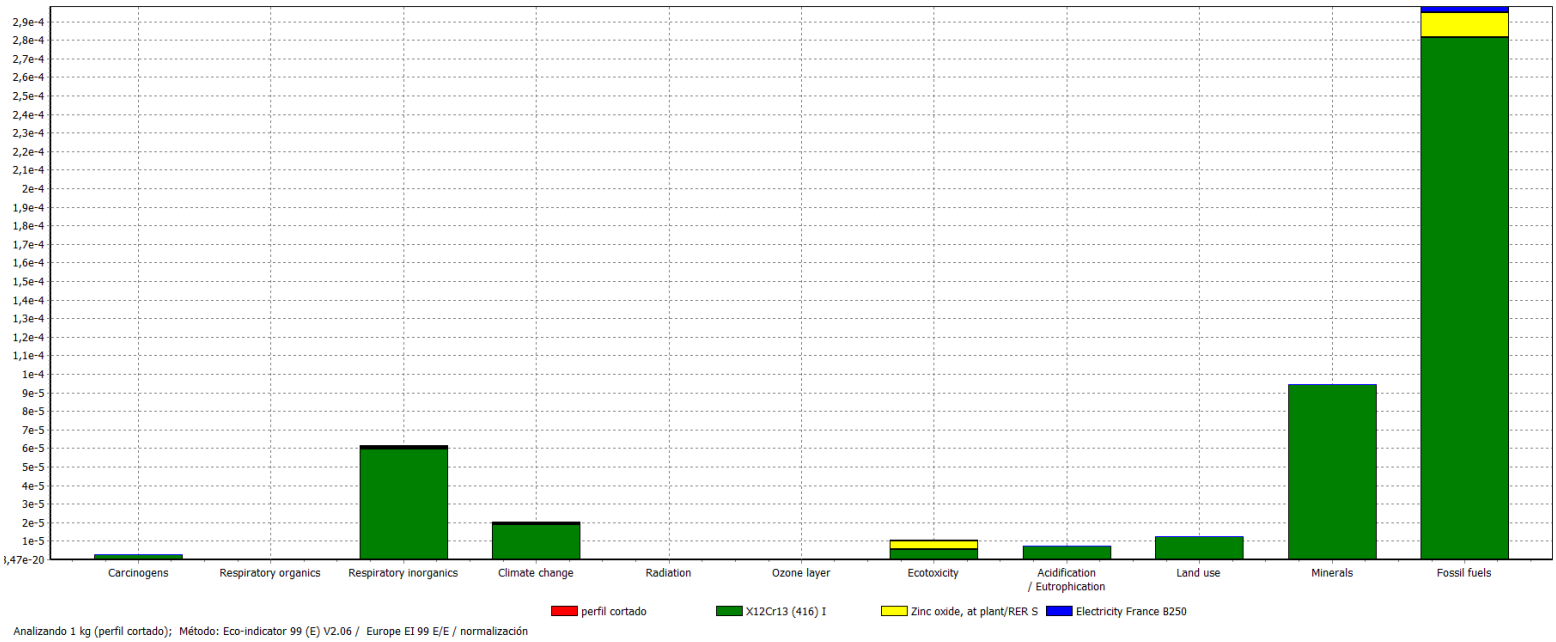


Ilustración 3 Análisis de impacto - Normalización

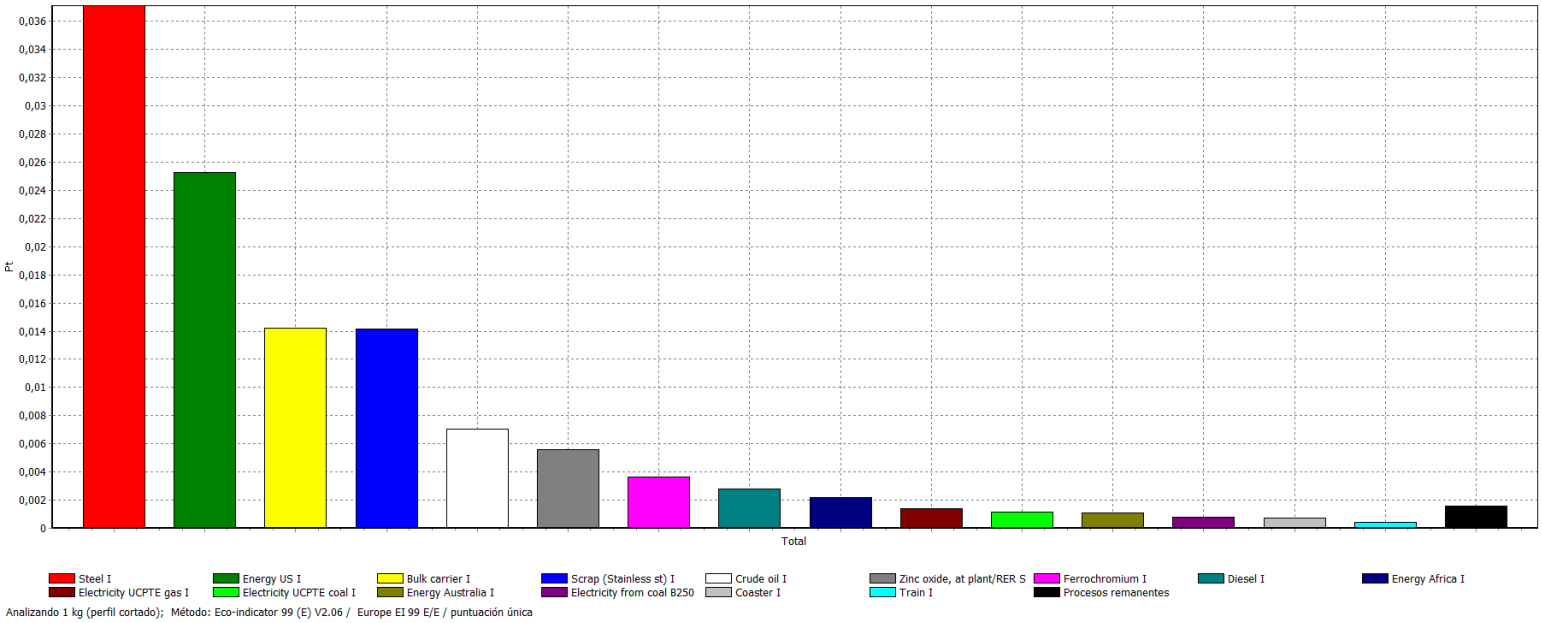


Ilustración 4 Contribución de proceso

UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PLANOS

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

AUTOR:

JAVIER SÁENZ DE ZÁITIGUI VISA

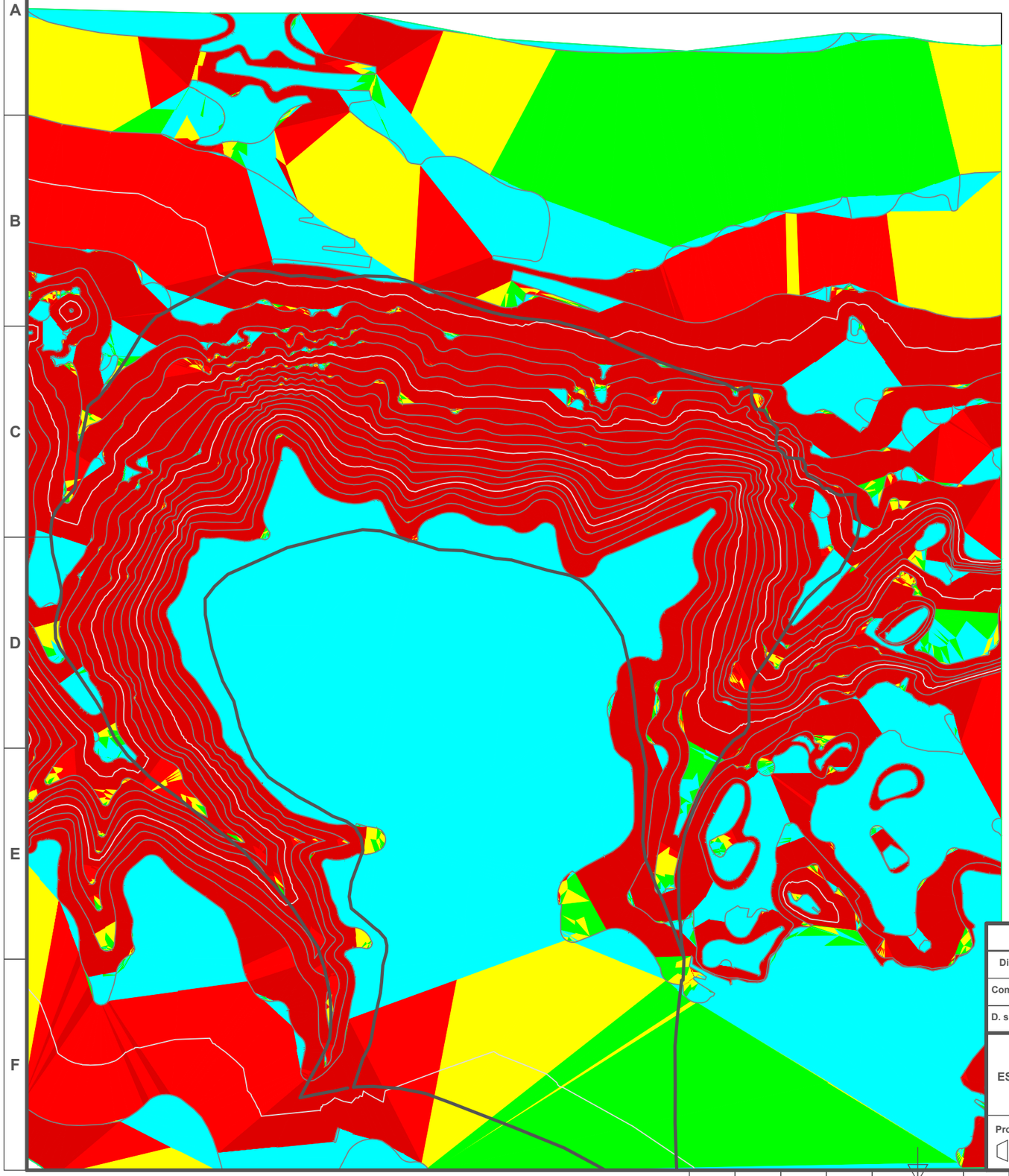
Índice Planos

	FECHA	NOMBRE	
Dibujado	09/04/2018	Javier Sáenz de Záitigui Visa	
Comprobado			
D. s. normas		UNE	

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
Universidad de La Rioja
GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

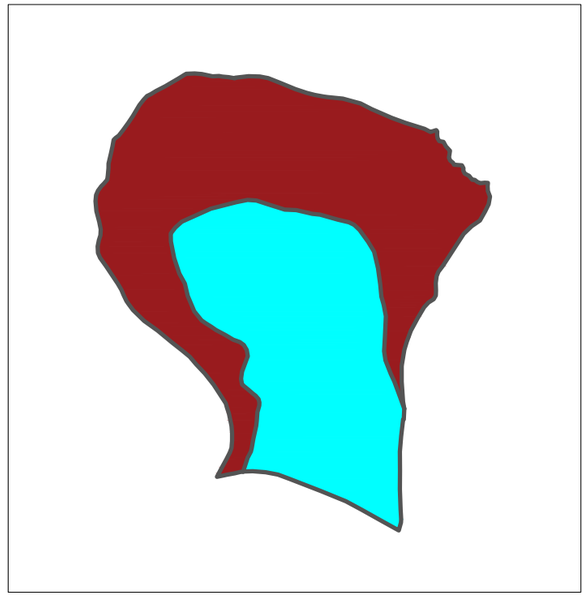
UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

ESCALA	SITUACIÓN	1
Proyección	TRABAJO FIN DE GRADO	



Slopes Table				
Number	Minimum Slope	Maximum Slope	Area	Color
1	0.00%	2.00%	538196.58	
2	2.00%	3.00%	198360.52	
3	3.00%	5.00%	153048.42	
4	5.00%	8.00%	180836.84	
5	8.00%	1744.23%	647291.75	

La estructura fija puede salvar un desnivel de hasta el 8% sin que sus condiciones de diseño se vean afectadas.
El seguidor, al tener una longitud mayor (61 m), únicamente admite una pendiente de entre el 2 y el 3%.
Por ello, el área de la parcela en la que se pueden instalar ambos tipos de estructuras se ver reducida de la siguiente manera.



Reducción superficie útil de la parcela	
Área útil	
Área desaprobechada	

	FECHA	NOMBRE
Dibujado	09/04/2018	Javier Sáenz de Záitigui Visa
Comprobado		
D. s. normas		UNE

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
Universidad de La Rioja
GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

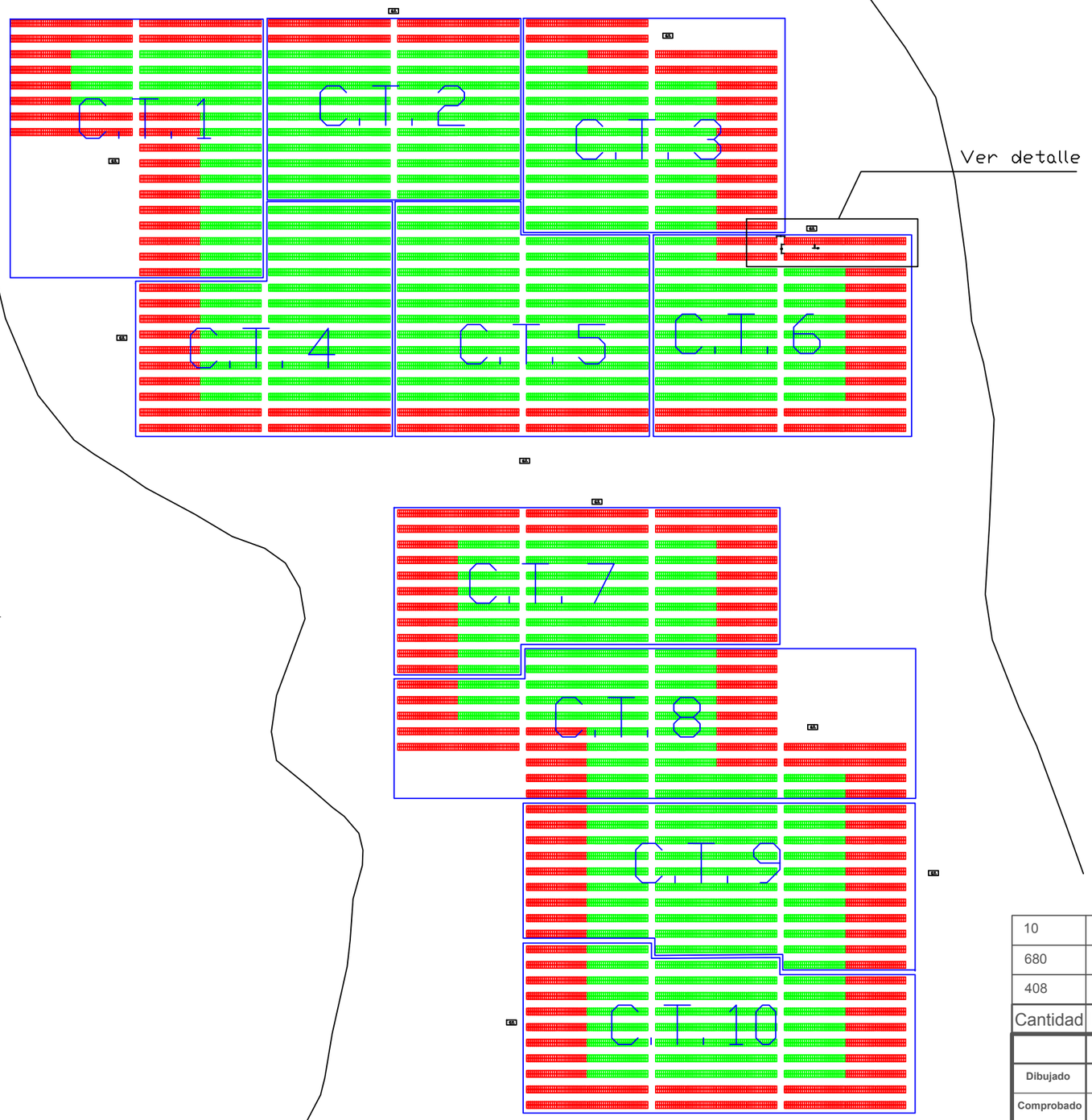
ESCALA

Proyección

Estudio de taludes y reducción de superficie útil de la parcela

2

TRABAJO FIN DE GRADO



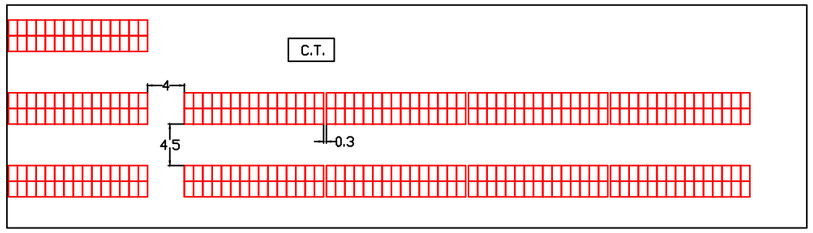
Estructura fija: tipo exterior

Estructura fija: tipo interior

Centro de Transformación

C.T.

DETALLE



Distancia entre filas: 4.5 m
Distancia entre mesas de una misma fila: 0.3 m
Cada 4 mesas: Pasillo de 4 m para mantenimiento

Cada recuadro azul representa la distribución de Centros de Transformación. Todos los strings comprendidos en un recuadro, estarán conectados a un mismo C.T.

Cantidad	Denominación	Marca	Plano nº	Modelo	Material	Peso	Observaciones
10	Centos de Transformación						
680	Estr. fija: Mesas interiores		7				
408	Estr. fija: Mesas exteriores		7				

	FECHA	NOMBRE
Dibujado	09/04/2018	Javier Sáenz de Záitigui Visa
Comprobado		
D. s. normas		UNE

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
Universidad de La Rioja
GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

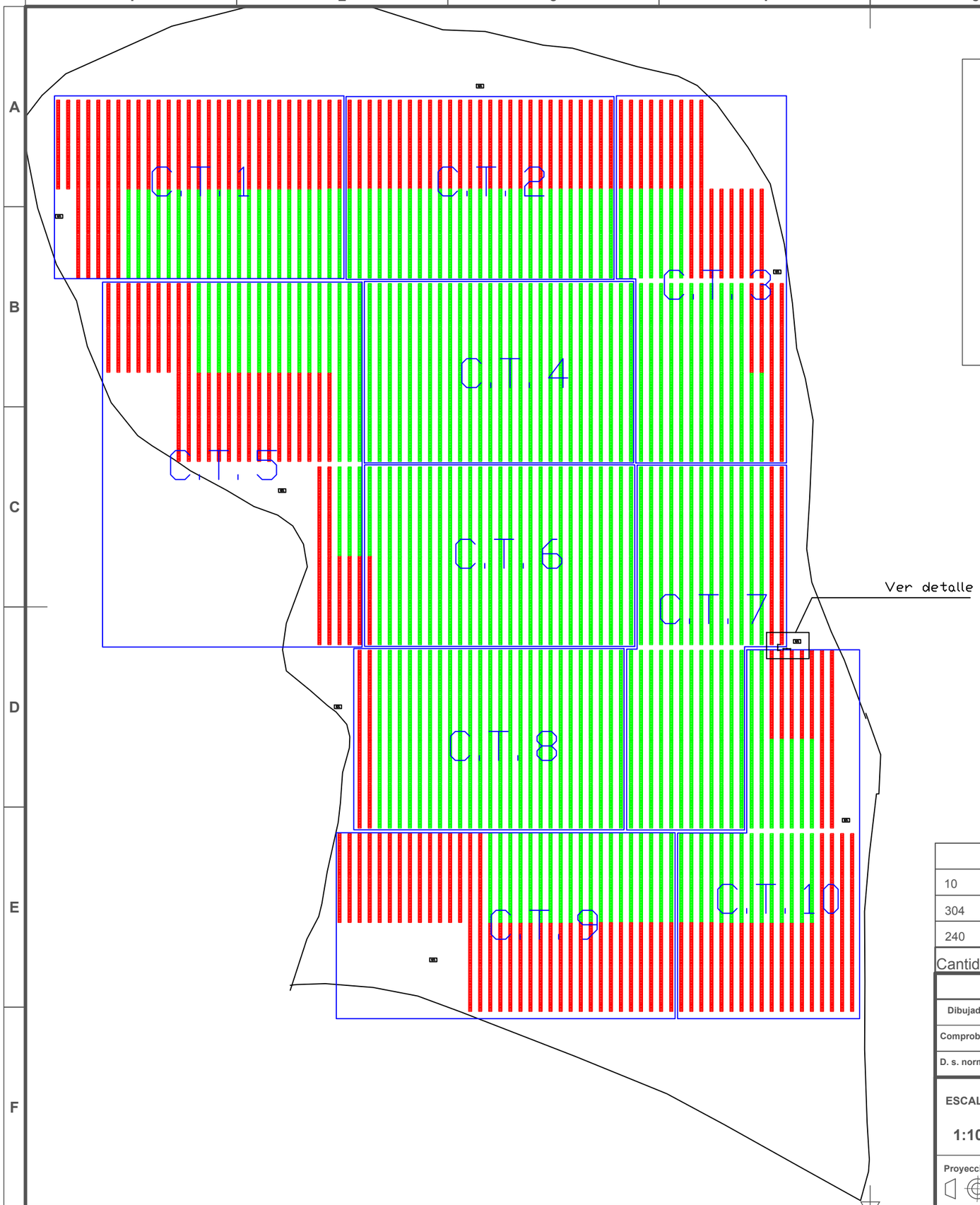
ESCALA

Proyección

Lay Out Interiores - Exteriores; Estr. Fija

3

TRABAJO FIN DE GRADO



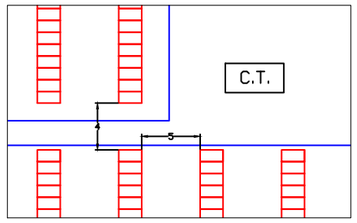
Seguidor: tipo exterior

Seguidor: tipo interior

Centro de Transformación

C.T.

DETALLE



Distancia entre filas: 5 m
Distancia entre mesas de una misma fila: 0.3 m
Cada 2 mesas: Pasillo de 4 m para mantenimiento

Cada recuadro azul representa la distribución de Centros de Transformación. Todos los strings comprendidos en un recuadro, estarán conectados a un mismo C.T.

Cantidad	Denominación	Marca	Plano nº	Modelo	Material	Peso	Observaciones
10	Centos de Transformación						
304	Seguidor: Mesas interiores		8				
240	Seguidor: Mesas exteriores		8				

	FECHA	NOMBRE
Dibujado	09/04/2018	Javier Sáenz de Záitigui Visa
Comprobado		
D. s. normas		UNE

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
Universidad de La Rioja
GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

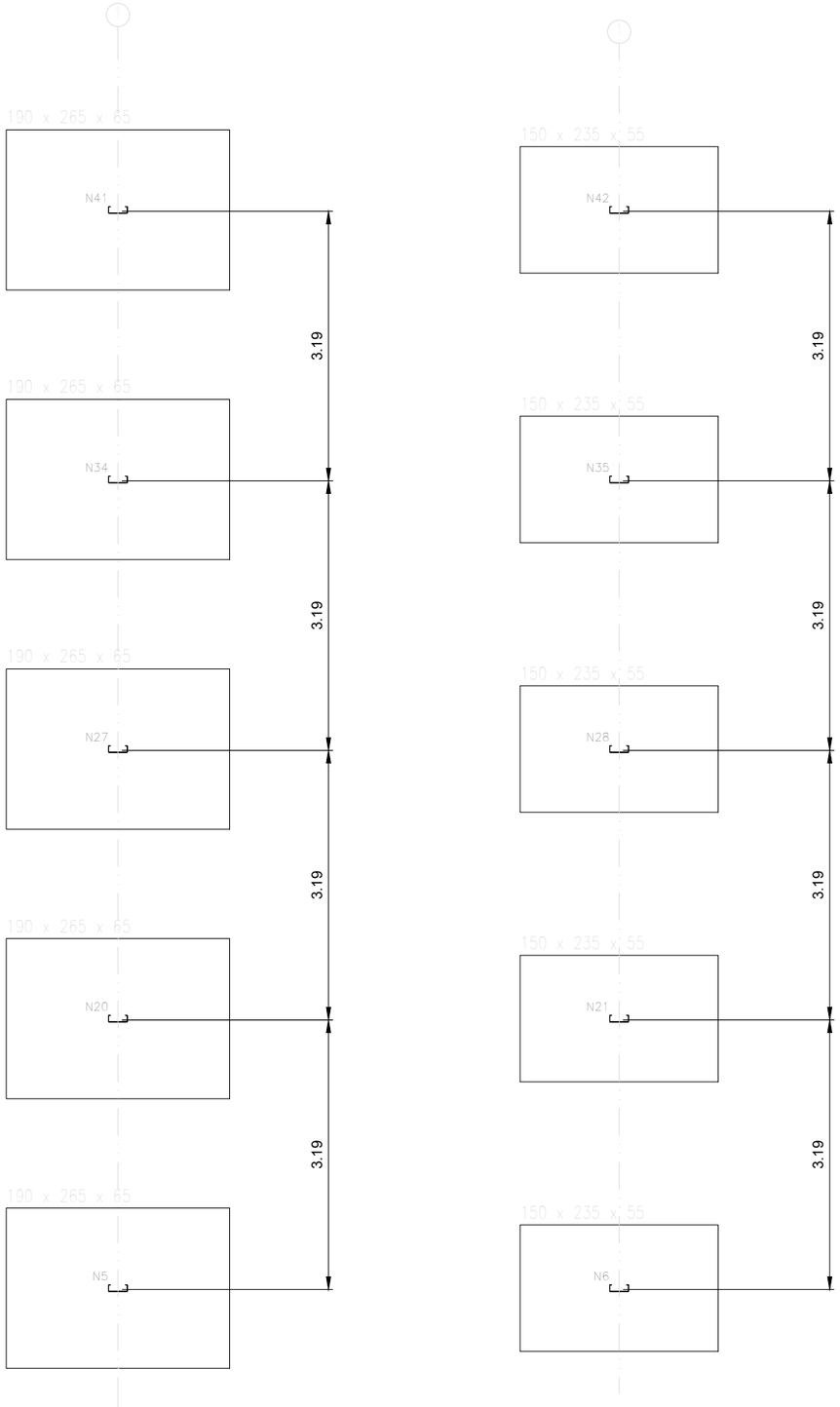
ESCALA 1:10

Proyección

Lay Out Interiores - Exteriores; Seguidores

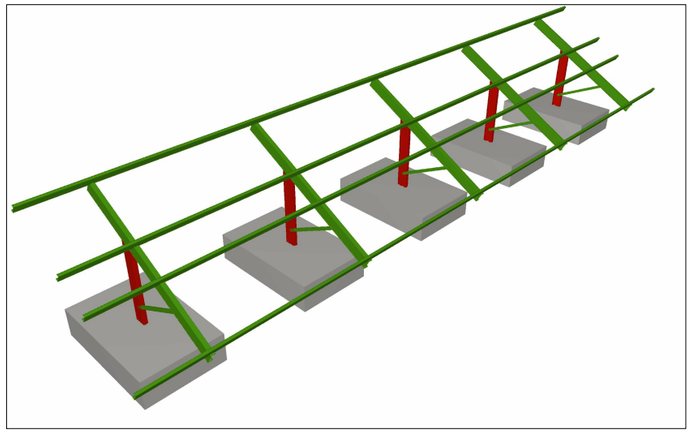
TRABAJO FIN DE GRADO

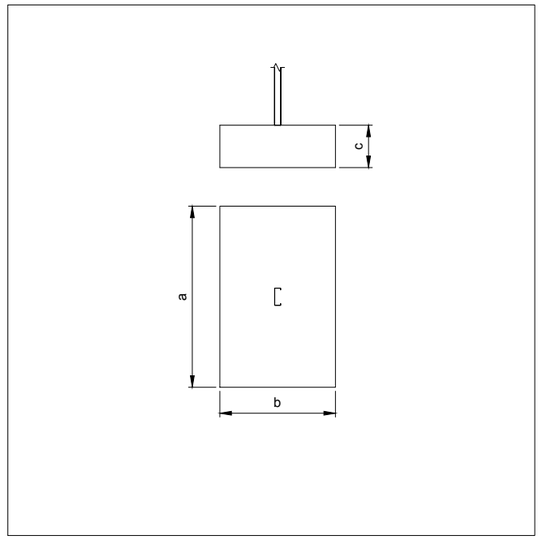
4



Zapatas mesas exteriores

Zapatas mesas interiores





	a (mm)	b (mm)	c (mm)
Mesas interiores	235	150	55
Mesas exteriores	265	190	65

Cantidad	Denominación	Marca	Plano nº		Modelo	Material	Peso	Observaciones
2040	Zapatas para mesas exteriores					HA-25 Yc= 1.5		
3400	Zapatas para mesas interiores					HA-25 Yc= 1.5		

	FECHA	NOMBRE
Dibujado	09/04/2018	Javier Sáenz de Záitigui Visa
Comprobado		
D. s. normas		UNE

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
Universidad de La Rioja
GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

ESCALA 1:100

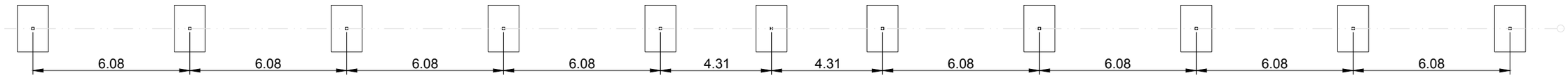
Proyección

CIMENTACIÓN: ESTRUCTURA FIJA

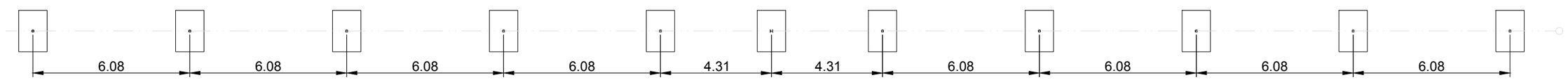
TRABAJO FIN DE GRADO

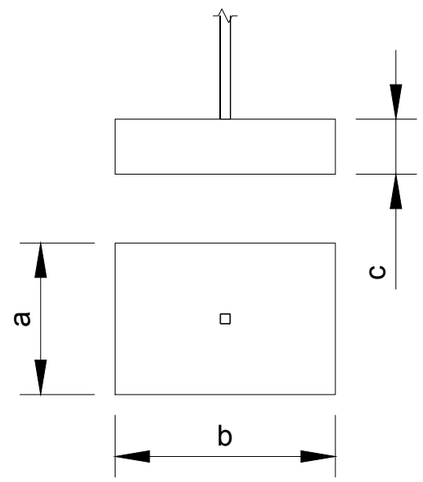
5

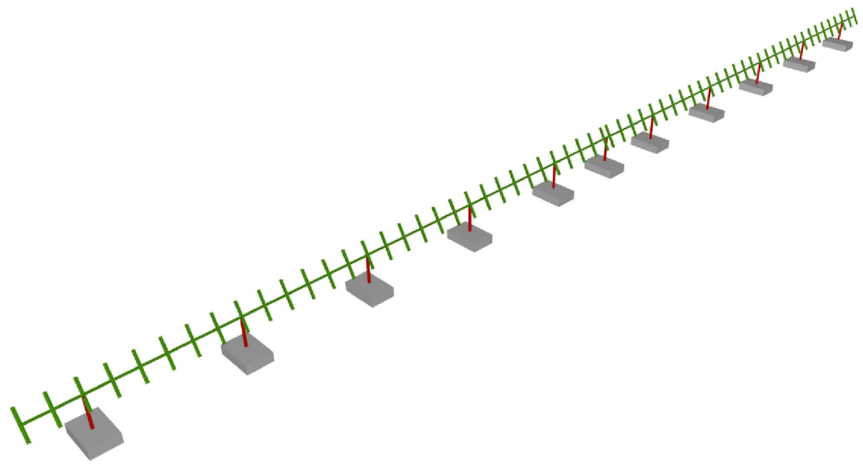
Seguidores exteriores:
180 x 120 x 45



Seguidores interiores:
160 x 110 x 40







	a (mm)	b (mm)	c (mm)
Mesas interiores	110	160	40
Mesas exteriores	120	180	45

Cantidad	Denominación	Marca	Plano nº	Modelo	Material	Peso	Observaciones
2112	Zapatas para mesas exteriores				HA-25 Yc= 1.5		
3872	Zapatas para mesas interiores				HA-25 Yc= 1.5		

	FECHA	NOMBRE
Dibujado	09/04/2018	Javier Sáenz de Záitigui Visa
Comprobado		
D. s. normas		UNE

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
Universidad de La Rioja
GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

ESCALA 1:100

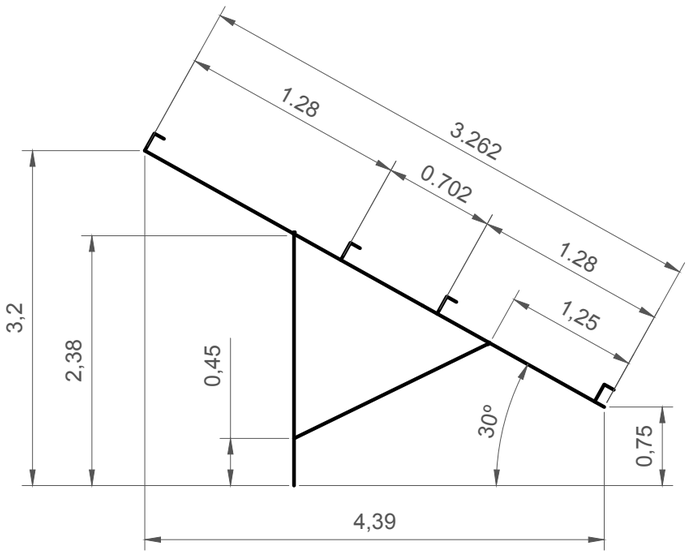
Proyección

CIMENTACIÓN: SEGUIDOR

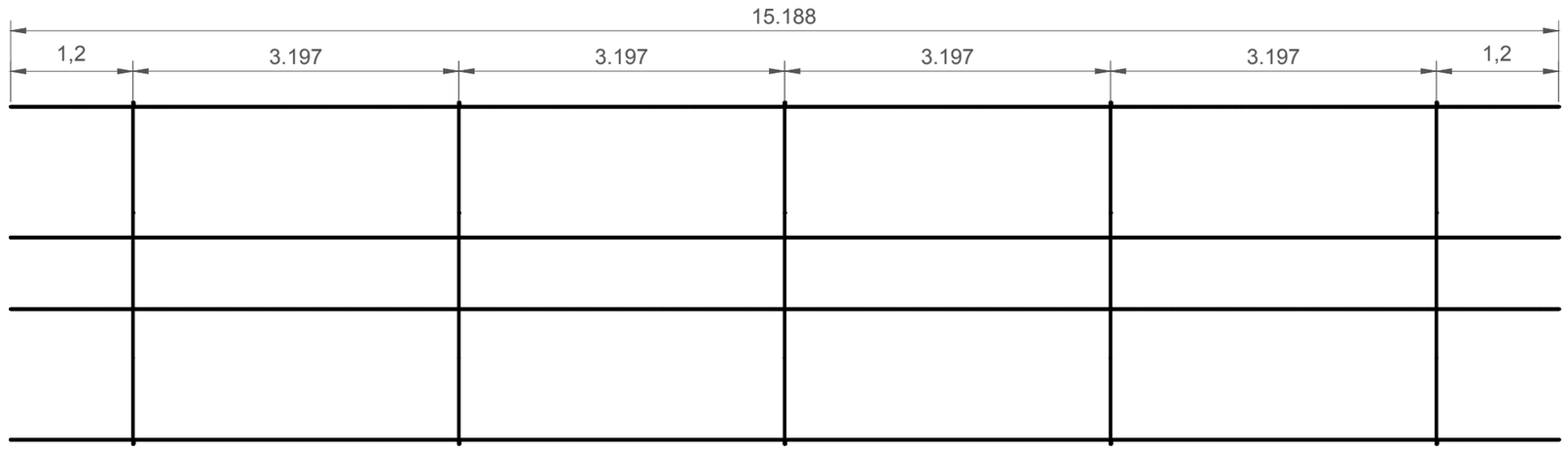
TRABAJO FIN DE GRADO

6

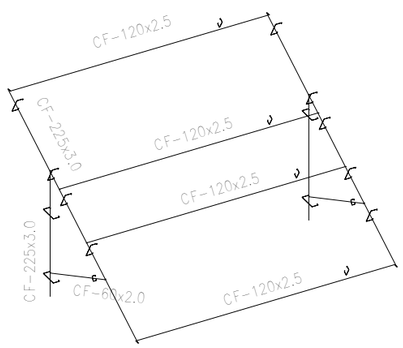
Alzado



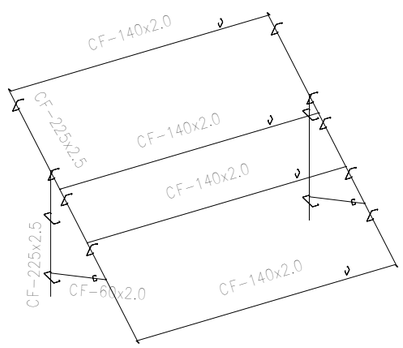
Planta

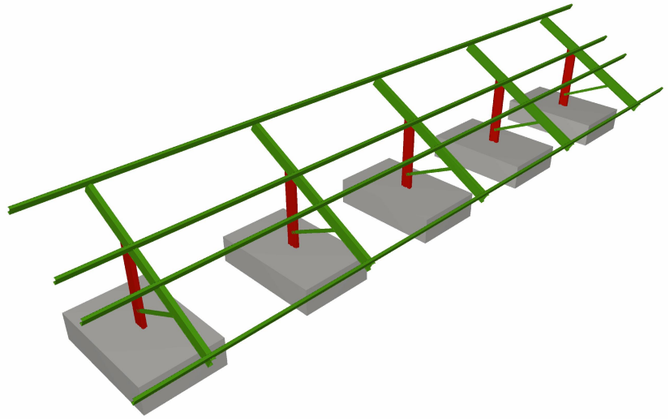


Perfiles Mesa Interior



Perfiles Mesa Exterior





MESAS INTERIORES					
PIEZAS/MESA	TIPO DE PERFIL	LONGITUD (m)	Nº PIEZAS/MESA	Nº PIEZAS TOTAL	MATERIAL
Poste	CF-225x2.5	2.38	5	3400	Acero S355
Tirante	CF-60x2.0	2.06	5	3400	Acero S355
Montante	CF-225x.2.5	3.26	5	3400	Acero S355
Correa	CF-140x2.0	15.188	4	2720	Acero S355
MESAS EXTERIORES					
PIEZAS/MESA	TIPO DE PERFIL	LONGITUD (m)	Nº PIEZAS/MESA	Nº PIEZAS TOTAL	MATERIAL
Poste	CF-225x.3	2.38	5	2040	Acero S355
Tirante	CF-60x2.0	2.06	5	2040	Acero S355
Montante	CF-225x.3	3.26	5	2040	Acero S355
Correa	CF-120x2.5	15.188	4	1632	Acero S355

	FECHA	NOMBRE
Dibujado	09/04/2018	Javier Sáenz de Záitigui Visa
Comprobado		
D. s. normas		UNE

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
Universidad de La Rioja
GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

ESCALA 1:100

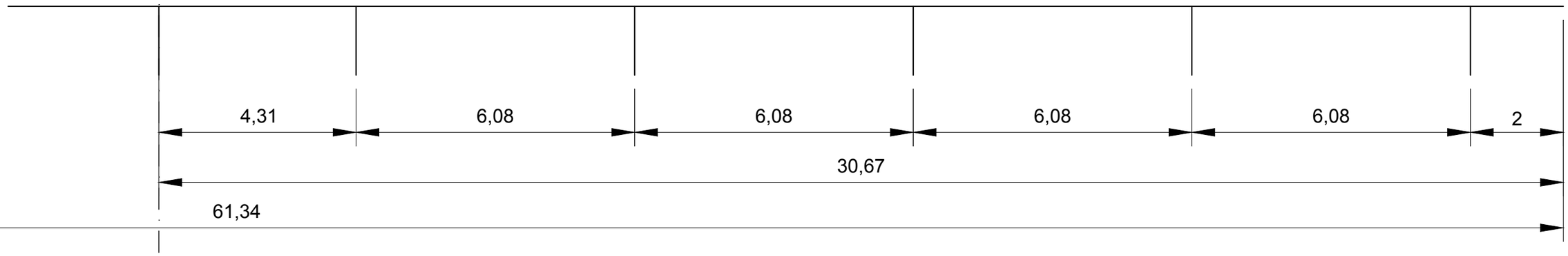
Proyección

Estructura fija - Diseño

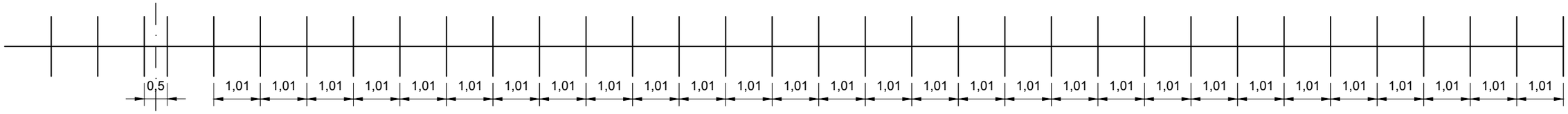
TRABAJO FIN DE GRADO

7

Alzado

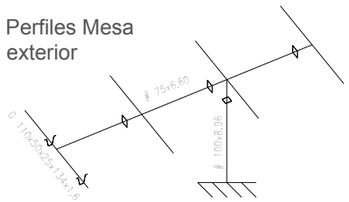


Planta

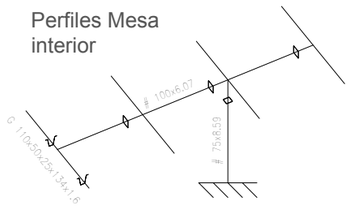


Perfil

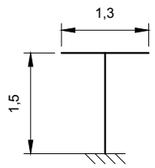
Perfiles Mesa exterior



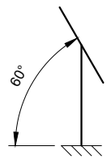
Perfiles Mesa interior

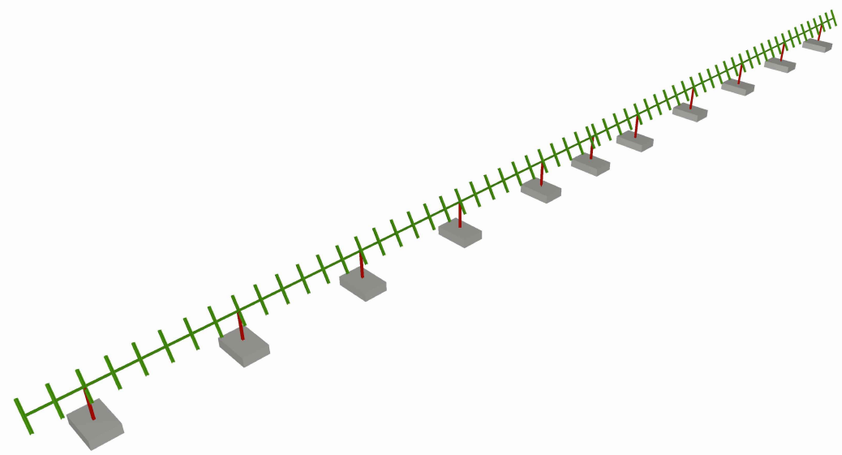


Posición de defensa



Posición de trabajo





MESAS INTERIORES					
PIEZAS/MESA	TIPO DE PERFIL	LONGITUD (m)	Nº PIEZAS/MESA	Nº PIEZAS TOTAL	MATERIAL
Poste Motor	HE 100 B	1.5	1	352	Acero S355
Poste estandar	75x8.59	1.5	10	3520	Acero S355
Tubo de transmisión	100x6.07	61.34	1	352	Acero S355
Correas	G 110x50x25x134x1.6	1.3	62	21824	Acero S355
MESAS EXTERIORES					
PIEZAS/MESA	TIPO DE PERFIL	LONGITUD (m)	Nº PIEZAS/MESA	Nº PIEZAS TOTAL	MATERIAL
Poste Motor	HE 100 B	1.5	1	192	Acero S355
Poste estandar	100 x 8.96	1.5	10	1920	Acero S355
Tubo de transmisión	75x6.60	61.34	1	192	Acero S355
Correas	G 110x50x25x134x1.6	1.3	62	11904	Acero S355

	FECHA	NOMBRE
Dibujado	09/04/2018	Javier Sáenz de Záitigui Visa
Comprobado		
D. s. normas		UNE

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
Universidad de La Rioja
GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

ESCALA 1:100

Proyección

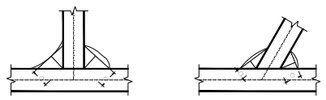
Seguidor - Diseño

TRABAJO FIN DE GRADO

8

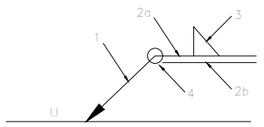
REFERENCIAS Y SIMBOLOGÍA

a[mm]: Espesor de garganta del cordón de soldadura en ángulo, que será la altura mayor, medida perpendicularmente a la cara exterior, entre todos los triángulos que se pueden inscribir entre las superficies de las piezas que hayan alcanzado la fusión y la superficie exterior de las soldaduras. 8.6.2.a CTE DB SE-A



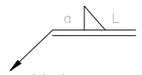
L[mm]: longitud efectiva del cordón de soldadura

MÉTODO DE REPRESENTACIÓN DE SOLDADURAS

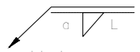


Referencias:
1: línea de la flecha
2a: línea de referencia (línea continua)
2b: línea de identificación (línea a trazos)
3: símbolo de soldadura
4: indicaciones complementarias
U: Unión

Referencias 1, 2a y 2b

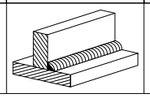


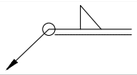
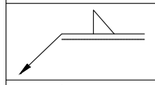
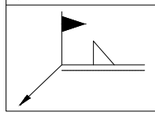
El cordón de soldadura que se detalla se encuentra en el lado de la flecha.

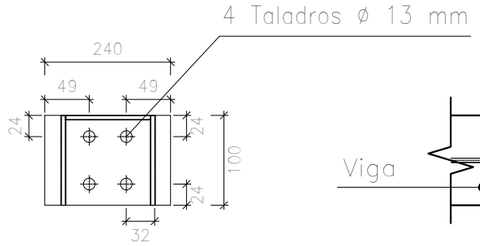


El cordón de soldadura que se detalla se encuentra en el lado opuesto al de la flecha.

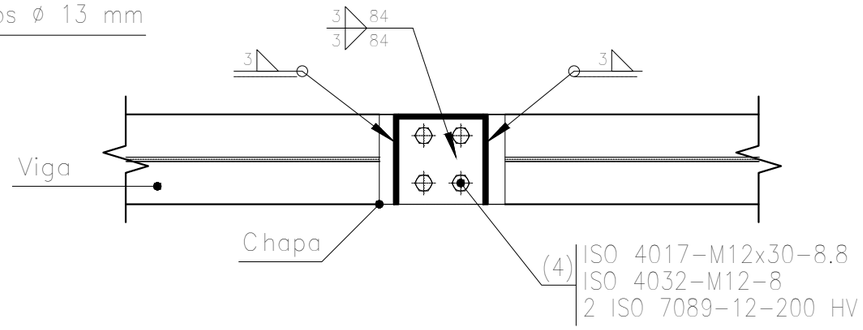
Referencia 3

Designación	Ilustración	Símbolo
Soldadura en ángulo		

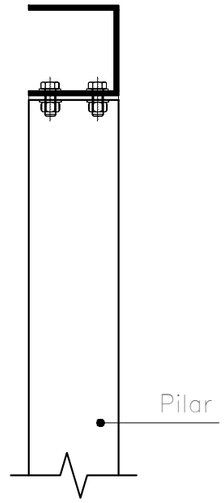
Representación	Descripción
	Soldadura realizada en todo el perímetro de la pieza
	Soldadura realizada en taller
	Soldadura realizada en el lugar de montaje



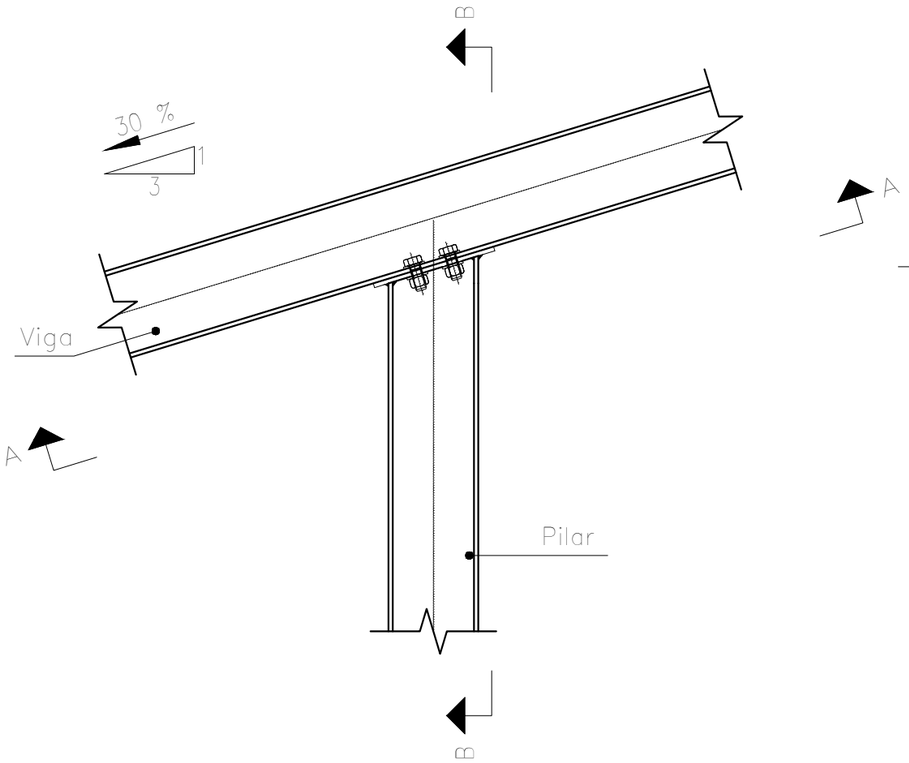
Pilar: Chapa frontal
(e = 5 mm)



Sección A – A



Sección B – B



Soldaduras				
f (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	3	540

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Chapas	1	100x240x5	0.55
			Total	0.55

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	4	ISO 4017-M12x30
Tuercas	Clase 8	4	ISO 4032-M12
Arandelas	Dureza 200 HV	8	ISO 7089-12

	FECHA	NOMBRE	
Dibujado	09/04/2018	Javier Sáenz de Záitigui Visa	
Comprobado			
D. s. normas		UNE	

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
Universidad de La Rioja
GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

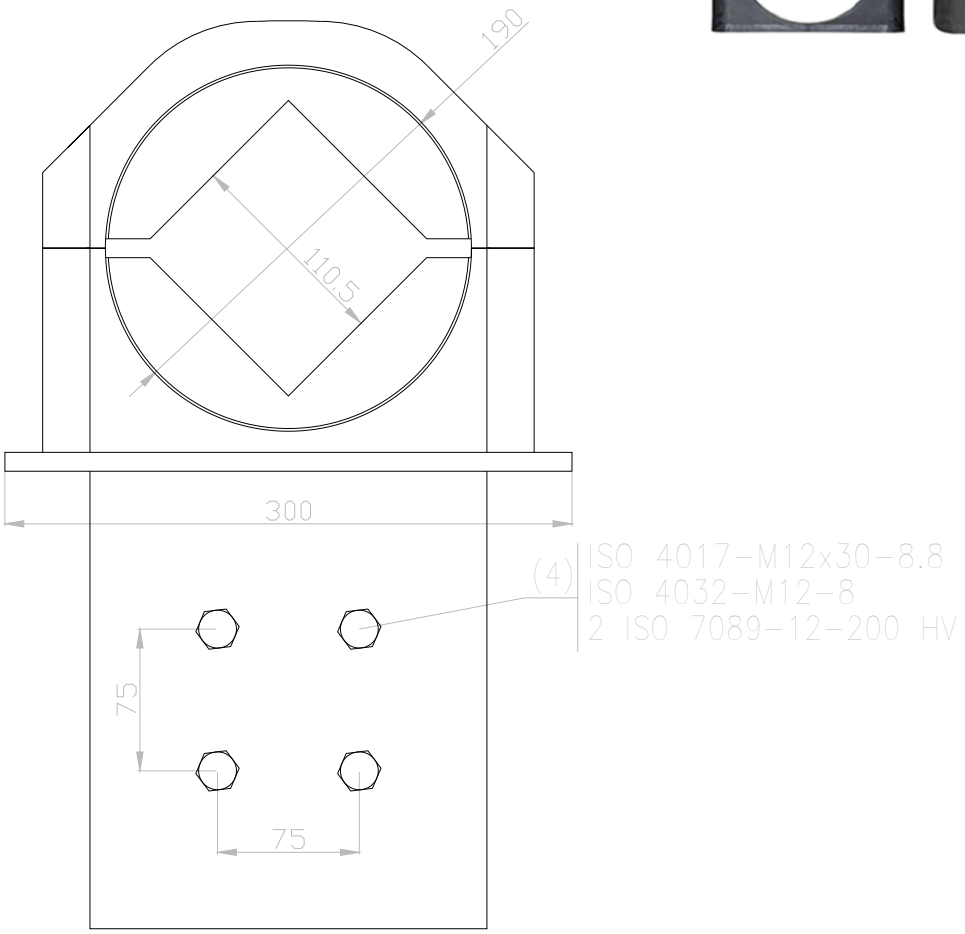
ESCALA 1:10

Proyección

Estr. fija: Unión Poste - Montante

TRABAJO FIN DE GRADO

9



Elementos de tornillería

Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	4	ISO 4017-M12x30
Tuercas	Clase 8	4	ISO 4032-M12
Arandelas	Dureza 200 HV	8	ISO 7089-12

	FECHA	NOMBRE
Dibujado	09/04/2018	Javier Sáenz de Záitigui Visa
Comprobado		
D. s. normas		UNE

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
Universidad de La Rioja
GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

ESCALA 1:1

Proyección

Seguidor: Unión soporte rodamiento - Poste

TRABAJO FIN DE GRADO

10

UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PRESUPUESTO

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

AUTOR:

JAVIER SÁENZ DE ZÁITIGUI VISA

Índice del presupuesto

1. Precios unitarios

En este apartado se exponen los precios unitarios utilizados para sacar el presupuesto final de la instalación de ambas alternativas.

La tornillería utilizada, los módulos solares y los inversores, se han escogido de catálogos, los cuales se pueden ver en anexos.

1.1. Módulo solar fotovoltaico

IEF001 Ud Módulo solar fotovoltaico.

Módulo solar fotovoltaico de 72 células de silicio monocristalino, modelo TSM-350DD14A(II) (350W)"Trinasolar", potencia máxima (Wp) 350 W, tensión a máxima potencia (Vmp) 38.7 V, intensidad a máxima potencia (Imp) 7,06 A, tensión en circuito abierto (Voc) 22,6 V, intensidad de cortocircuito (Isc) 7,57 A, eficiencia 18%.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	**Precio unitario**	Importe
1		Materiales			
mt35sol010Xy	Ud	Módulo solar fotovoltaico de 72 células de silicio monocristalino, modelo TSM-350DD14A(II) (350W)"Trinasolar", potencia máxima (Wp) 350 W, tensión a máxima potencia (Vmp) 38.7 V, intensidad a máxima potencia (Imp) 7,06 A, tensión en circuito abierto (Voc) 22,6 V, intensidad de cortocircuito (Isc) 7,57 A, eficiencia 18%.72 células, vidrio exterior templado de 3,2 mm de espesor, capa adhesiva de etilvinilacetato (EVA), capa posterior de polifluoruro de vinilo, poliéster y polifluoruro de vinilo (TPT), marco de aluminio anodizado, temperatura de trabajo -40°C hasta 85°C, dimensiones 1960 × 992 × 40 mm, resistencia a la carga del viento 245 kg/m², resistencia a la carga de la nieve 551 kg/m², peso 26 kg, con caja de conexiones con diodos, cables y conectores.	1.000	105.00	105.00
			Subtotal materiales:		**105.00**
2		Mano de obra			
mo009	h	Oficial 1ª instalador de captadores solares.	0.243	20.91	5.08
mo108	h	Ayudante instalador de captadores solares.	0.243	16.84	4.09
			Subtotal mano de obra:		**9.17**
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2.000	114.17	2.28
Coste de mantenimiento decenal: 20,53€ en los primeros 10 años.			**Costes directos** (1+2+3):		116.45

1.2. Inversores y C.T.

Centro de transformación e inversor de SMA. Modelo SC 1850-US

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt35ctr010a	Ud	Centro de transformación prefabricado. El transformador optimizado y muy eficiente para la colocación exterior según la Directiva de Ecodiseño combina a la perfección con los nuevos inversores Sunny Central. La conexión de barra colectora entre el inversor y el transformador viene incluida de serie. El transformador de media tensión se puede ampliar por módulos añadiendo la instalación de distribución de media tensión, el depósito de aceite y el transformador de baja tensión.	1.000	185000.00	185000.00
			Subtotal materiales:		**185000.00**
2		Mano de obra			
mo020	h	Oficial 1ª construcción.	2.271	20.23	45.94
mo077	h	Ayudante construcción.	2.271	16.86	38.29
			Subtotal mano de obra:		**84.23**
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2.000	185084.23	3701.68
Coste de mantenimiento decenal: 293,70€ en los primeros 10 años.			**Costes directos** (1+2+3):		188785.91

1.3. Acero laminado S355

EAS010 kg Acero en pilares. 2,44€

Acero **S355JR** en pilares, con piezas **simples de** perfiles laminados en caliente **de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM** con uniones soldadas.

Código	**Unidad**	**Descripción**	**Rendimiento**	**Precio unitario**	**Importe**
1		**Materiales**			
mt07ala010o	kg	Acero laminado UNE-EN 10025 S355JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples, para aplicaciones estructurales.	1,050	1,03	1,08
mt27pfi010	l	Imprimación de secado rápido, formulada con resinas alquídicas modificadas y fosfato de zinc.	0,050	4,80	0,24
			Subtotal materiales:		**1,32**
2		**Equipo y maquinaria**			
mq08sol020	h	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.	0,018	3,10	0,06
			Subtotal equipo y maquinaria:		**0,06**
3		**Mano de obra**			
mo047	h	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	0,026	21,24	0,55
mo094	h	Ayudante montador de estructura metálica.	0,026	17,70	0,46
			Subtotal mano de obra:		**1,01**
4		**Costes directos complementarios**			
	%	Costes directos complementarios	2,000	2,39	0,05
Coste de mantenimiento decenal: 0,07€ en los primeros 10 años.			**Costes directos** (1+2+3+4):		2,44

Referencia norma UNE y Título de la norma transposición de norma armonizada	Aplicabilidad(a)	Obligatoriedad(b)	Sistema(c)
UNE-EN 10025-1:2006 Productos laminados en caliente, de acero no aleado, para construcciones metálicas de uso general. Parte 1: Condiciones generales de suministro.	1.9.2005	1.9.2006	2+

(a) Fecha de aplicabilidad de la norma armonizada e inicio del período de coexistencia
(b) Fecha final del período de coexistencia / entrada en vigor marcado CE
(c) Sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones

1.4. Tornillería

El precio de la tornillería utilizada se puede ver en el Anexo 3 – Catálogos.

1.5. Sistema de Encofrado para cimentación

CSZ020 m² Sistema de encofrado para zapata de cimentación. 18,59€

Montaje y desmontaje de sistema de encofrado recuperable, realizado con paneles metálicos, amortizables en 200 usos, **para zapata de cimentación**.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		**Materiales**			
mt08eme040	m²	Paneles metálicos de varias dimensiones, para encofrar elementos de hormigón.	0,005	52,00	0,26
mt50spa052b	m	Tablón de madera de pino, de 20x7,2 cm.	0,020	4,39	0,09
mt50spa081a	Ud	Puntal metálico telescópico, de hasta 3 m de altura.	0,010	13,37	0,13
mt08eme051a	m	Fleje para encofrado metálico.	0,100	0,29	0,03
mt08var050	kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,050	1,10	0,06
mt08var060	kg	Puntas de acero de 20x100 mm.	0,100	7,00	0,70
mt08dba010b	l	Agente desmoldeante, a base de aceites especiales, emulsionable en agua para encofrados metálicos, fenólicos o de madera.	0,030	1,98	0,06
			Subtotal materiales:		**1,33**
2		**Mano de obra**			
mo044	h	Oficial 1ª encofrador.	0,377	21,24	8,01
mo091	h	Ayudante encofrador.	0,502	17,70	8,89
			Subtotal mano de obra:		**16,90**
3		**Costes directos complementarios**			
	%	Costes directos complementarios	2,000	18,23	0,36
			Costes directos (1+2+3):		18,59

1.6. Cimentación de hormigón en masa

CSZ015 m³ Zapata de cimentación de hormigón en masa. 80,89€

Zapata de cimentación de hormigón en masa, realizada con **hormigón HM-20/B/20/I fabricado en central y vertido desde camión**, sin incluir encofrado.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		**Materiales**			
mt10hmf010Mm	m³	Hormigón HM-20/B/20/I, fabricado en central.	1,100	65,82	72,40
			Subtotal materiales:		**72,40**
2		**Mano de obra**			
mo045	h	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,063	21,24	1,34
mo092	h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,314	17,70	5,56
			Subtotal mano de obra:		**6,90**
3		**Costes directos complementarios**			
	%	Costes directos complementarios	2,000	79,30	1,59
Coste de mantenimiento decenal: 2,43€ en los primeros 10 años.			**Costes directos** (1+2+3):		80,89

1.7. Cable eléctrico de baja tensión

IEH015 m Cable eléctrico para baja tensión "PRYSMIAN GROUP". 1,31€

Cable eléctrico unipolar, P-Sun CPRO "PRYSMIAN", resistente a la intemperie, para instalaciones fotovoltaicas, garantizado por 30 años, tipo ZZ-F, tensión nominal 0,6/1 kV, tensión máxima en corriente continua 1,8 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x4 mm² de sección, aislamiento de elastómero reticulado, de tipo EI6, cubierta de elastómero reticulado, de tipo EM5, aislamiento clase II, de color negro.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		**Materiales**			
mt35pry026e	m	Cable eléctrico unipolar, P-Sun CPRO "PRYSMIAN", resistente a la intemperie, para instalaciones fotovoltaicas, garantizado por 30 años, tipo ZZ-F, tensión nominal 0,6/1 kV, tensión máxima en corriente continua 1,8 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x4 mm² de sección, aislamiento de elastómero reticulado, de tipo EI6, cubierta de elastómero reticulado, de tipo EM5, aislamiento clase II, de color negro, y con las siguientes características: no propagación de la llama, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta, resistencia a los agentes químicos, resistencia a las grasas y aceites, resistencia a los golpes y resistencia a la abrasión. Según DKE/VDE AK 411.2.3.	1,000	0,56	0,56
			Subtotal materiales:		**0,56**
2		**Mano de obra**			
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,019	20,91	0,40
mo102	h	Ayudante electricista.	0,019	16,84	0,32
			Subtotal mano de obra:		**0,72**
3		**Costes directos complementarios**			
	%	Costes directos complementarios	2,000	1,28	0,03
Coste de mantenimiento decenal: 0,07€ en los primeros 10 años.			**Costes directos** (1+2+3):		1,31

1.8. Desbroce y limpieza del terreno

ADL005 m² Desbroce y limpieza del terreno. 0,47€

Desbroce y limpieza del terreno, hasta una profundidad mínima de **15** cm, con medios **mecánicos**, **retirada de los materiales excavados y carga a camión, sin incluir transporte a vertedero autorizado**.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		**Equipo y maquinaria**			
mq01pan010a	h	Pala cargadora sobre neumáticos de 120 kW/1,9 m³.	0,010	40,23	0,40
			Subtotal equipo y maquinaria:		**0,40**
2		**Mano de obra**			
mo113	h	Peón ordinario construcción.	0,004	16,23	0,06
			Subtotal mano de obra:		**0,06**
3		**Costes directos complementarios**			
	%	Costes directos complementarios	2,000	0,46	0,01
			Costes directos (1+2+3):		0,47

1.9. Vallado

UVT010 m Vallado de parcela, de malla de simple torsión. 17,14€

Vallado de parcela formado por **malla de simple torsión, de 8 mm de paso de malla y 1,1 mm de diámetro, acabado galvanizado** y postes de acero **galvanizado**, de 48 mm de diámetro y **2** m de altura.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		**Materiales**			
mt52vst030e	Ud	Poste intermedio de tubo de acero galvanizado de 48 mm de diámetro y 1,5 mm de espesor, altura 2 m.	0,220	11,23	2,47
mt52vst030m	Ud	Poste interior de refuerzo de tubo de acero galvanizado de 48 mm de diámetro y 1,5 mm de espesor, altura 2 m.	0,060	11,92	0,72
mt52vst030u	Ud	Poste extremo de tubo de acero galvanizado de 48 mm de diámetro y 1,5 mm de espesor, altura 2 m.	0,040	14,41	0,58
mt52vst030C	Ud	Poste en escuadra de tubo de acero galvanizado de 48 mm de diámetro y 1,5 mm de espesor, altura 2 m.	0,200	15,49	3,10
mt52vst010aa	m²	Malla de simple torsión, de 8 mm de paso de malla y 1,1 mm de diámetro, acabado galvanizado.	2,400	1,40	3,36
mt10hmf010Mm	m³	Hormigón HM-20/B/20/I, fabricado en central.	0,015	65,82	0,99
			Subtotal materiales:		**11,22**
2		**Mano de obra**			
mo087	h	Ayudante construcción de obra civil.	0,106	16,86	1,79
mo011	h	Oficial 1ª montador.	0,096	20,91	2,01
mo080	h	Ayudante montador.	0,096	16,86	1,62
			Subtotal mano de obra:		**5,42**
3		**Costes directos complementarios**			
	%	Costes directos complementarios	3,000	16,64	0,50
Coste de mantenimiento decenal: 2,91€ en los primeros 10 años.			**Costes directos** (1+2+3):		17,14

2. Presupuesto de inversión

2.1. Presupuesto parcial

2.1.1. Estructura fija

2.1.1.1. Módulo solar fotovoltaico

Módulos Fotovoltaicos	Marca	Modelo	Precio unitario (€)	Número total de módulos	Importe (€)
	TrinaSolar	TSM-350DD14A(II) (350W) Solar Panel	116.45	32640	**3,800,928.00**

2.1.1.2. Inversores y C.T.

Inversores y Centros de Transformación	Marca	Modelo	Precio unitario (€)	Número total de inversores	Importe (€)
	SMA	SC 1850-US	188,785.91	10	**1,887,859.10**

2.1.1.3. Acero laminado S355

Tipo de mesa	PESO (kg)	Precio unitario (€/kg)	Nº de mesas	Precio por mesa	Importe (€)
EXTERIOR	549.43	2.44	408	1340.6092	546,968.55
INTERIOR	470.42	2.44	680	1147.8248	780,520.86
					1,327,489.42

2.1.1.4. Tornillería

PIEZA	UNIDADES	precio/unidad	Importe
Tornillo M12x30	21760	0.3974	8,647.42
Tornillo M10x16	10880	0.2255	2,453.44
Tornillo M8x14	43520	0.1686	7,337.47
Tornillo M8x10	130560	0.1686	22,012.42
Tuerca M12	21760	0.1406	3,059.46
Tuerca M10	10880	0.1221	1,328.45
Tuerca M8	174080	0.0394	6,858.75
Arandela M12	43520	0.0366	1,592.83
Arandela M10	21760	0.026	565.76
Arandela M8	348160	0.0171	5,953.54
Arandela de muelle inoxidable	130560	0.47	61,363.20
chapa frontal del pilar	5440	0.53	2,883.20
escuadra igus (modelo SHT-WS-20)	21760	0.69	15,014.40
			139,070.34

2.1.1.5. Cimentación

Tipo de mesa	m3/zapata	Precio unitario zapata (€/m3)	Precio unitario encofrado (€/m3)	Precio por zapata (€/zapata)	zapatas/mesa	Nº de mesas	Total zapatas	Importe (€)
EXTERIOR	3.27	80.89	18.59	325.30	5	408	2040	663,611.18
INTERIOR	1.94	80.89	18.59	192.99	5	680	3400	656,170.08
								1,319,781.26

2.1.1.6. Cable eléctrico de baja tensión

Cable de Baja Tensión	Precio unitario (€/m)	Metros lineales de cable por inversor	Número de Inversores total	longitud de cable de baja tensión total (m)	Importe (€)
	1.31	7479	10	74790	**97,974.90**

2.1.1.7. Desbroce y limpieza del terreno

Desbroce y limpieza del terreno.	Precio unitario (€)	Superfice útil (m2)	Importe (€)
	0.47	165,015.00	**77,557.05**

2.1.1.8. Vallado

Vallado	Precio unitario (€)	Longitud de vallado (m)	Importe (€)
	17.14	2,130.00	**36,508.20**

2.1.1.9. Material eléctrico

Material eléctrico	Importe (€)
Material de Baja Tensión	170,833.67
Material de Media Tensión	48,057.53
Material de CCTV (Sistema de vigilancia)	80,609.47
Material del SCADA (Equipos de medida)	73,666.27
Total	**373,166.93**

2.1.2. Seguidor

2.1.2.1. Módulo solar fotovoltaico

Módulos Fotovoltaicos	Marca	Modelo	Precio unitario (€)	Número total de módulos	Importe (€)
	TrinaSolar	TSM-350DD14A(II) (350W) Solar Panel	116.45	32640	**3,800,928.00**

2.1.2.2. Inversores y C.T.

Inversores y Centros de Transformación	Marca	Modelo	Precio unitario (€)	Número total de inversores	Importe (€)
	SMA	SC 1850-US	188,785.91	10	**1,887,859.10**

2.1.2.3. Acero laminado S355

Tipo de mesa	PESO (kg)	Precio unitario (€/kg)	Nº de mesas	Precio por mesa	Importe
INTERIOR	887.745	2.44	192	2166.0978	415,890.78
EXTERIOR	850.095	2.44	352	2074.2318	730,129.59
					1,146,020.37

2.1.2.4. Tornillería

PIEZA	UNIDADES	precio/unidad	Importe
Tornillo M12x16	23936	0.3943	9,437.96
Tornillo M6x10	130560	0.0716	9,348.10
Tuerca M12	23936	0.1406	3,365.40
Tuerca M8	67456	0.0394	2,657.77
Tuerca M6	130560	0.0225	2,937.60
Arandela M12	47872	0.0366	1,752.12
Arandela M8	67456	0.0171	1,153.50
Arandela M6	261120	0.0111	2,898.43
Arandela de muelle inoxidable	130560	0.46	60,057.60
abarcón cuadrado galvanizado PASAI M8	33728	0.68	22,935.04
chapa inoxidable de 100 x 10 mm	33728	0.13	4,384.64
Soporte Rodamiento	5984	10.13	60,617.92
Rodamiento para perfiles cuadrados igus	5984	15	89,760.00
			271,306.07

2.1.2.5. Cimentación

Tipo de mesa	m3/zapata	Precio unitario zapata (€/m3)	Precio unitario encofrado (€/m3)	Precio por zapata (€/zapata)	zapatas/mesa	Nº de mesas	Total zapatas	Importe (€)
EXTERIOR	0.972	80.89	18.59	96.69	11	192	2112	204,218.91
INTERIOR	0.704	80.89	18.59	70.03	11	352	3872	271,171.34
								475,390.25

2.1.2.6. Cable eléctrico de baja tensión

Cable de Baja Tensión	Precio unitario (€/m)	Metros lineales de cable por inversor	Número de Inversores total	longitud de cable de baja tensión total (m)	Importe total (€)
	1.31	13770	10	137700	**180,387.00**

2.1.2.7. Motor de giro

Motor de giro	Marca	Modelo	Precio unitario (€)	Número total de módulos	Importe (€)
	Zuendo	Motor monofásico 220v 0,18 kw arranque medio o arranque reforzado	62	544	**33,728.00**

2.1.2.8. Desbroce y limpieza del terreno

Desbroce y limpieza del terreno.	Precio unitario (€)	Superfice útil (m2)	Importe (€)
	0.47	252,431.00	**118,642.57**

2.1.2.9. Vallado

Vallado	Precio unitario (€)	Longitud de vallado (m)	Importe (€)
	17.14	2,466.00	**42,267.24**

2.1.2.10. Material eléctrico

Material eléctrico	Importe (€)
Material de Baja Tensión	362,504.70
Material de Media Tensión	48,057.53
Material de CCTV (Sistema de vigilancia)	80,609.47
Material del SCADA (Equipos de medida)	103,554.00
Total	**594,725.70**

2.2. Presupuesto total de inversión

2.2.1. Estructura fija

	Importe (€)
Módulos Fotovoltaicos	3,800,928.00
Inversores y Centros de Transformación	1887859.1
Acero S355	1,327,489.42
Tornillería	139,070.34
Cimentación	1,319,781.26
Cableado de Baja Tensión	97,974.90
Desbroce y limpieza del terreno.	77,557.05
Vallado	36,508.20
Material eléctrico	373,166.93
Total	**9,060,335.20**

2.2.2. Seguidor

	Importe (€)
Módulos Fotovoltaicos	3,800,928.00
Inversores y Centros de Transformación	1887859.1
Acero S355	1,146,020.37
Tornillería	271,306.07
Cimentación	475,390.25
Cableado de Baja Tensión	180,387.00
Motor de giro	33,728.00
Desbroce y limpieza del terreno.	118,642.57
Vallado	42,267.24
Material eléctrico	594,725.70
	8,551,254.30

2.3. Conclusiones

Se puede observar que llevar a cabo la opción de la estructura fija, es medio millón más caro que la opción del seguidor, a pesar de que este tiene más coste en material eléctrico y además tiene el coste añadido del motor de giro. Sin embargo, el sobrecoste que supone la cimentación en la estructura fija hace que esta opción sea mucho más cara.